

**RESPOSTA DO FEIJOEIRO  
(cvs. Carioca e Pérola)  
A DOSES DE  
NITROGÊNIO E FÓSFORO**

**JOÃO ROBERTO DE MELLO RODRIGUES**

**2001**

51760

M.F.N. 36504

**JOÃO ROBERTO DE MELLO RODRIGUES**

**RESPOSTA DO FEIJOEIRO (cvs. Carioca e Pérola) A DOSES DE  
NITROGÊNIO E FÓSFORO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia, área de concentração  
Fitotecnia, para obtenção do título de Doutor

Orientador

Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

2001

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Rodrigues, João Roberto de Mello

Resposta do feijoeiro (cvs. Carioca e Pérola) a doses de nitrogênio e fósforo /  
João Roberto de Mello Rodrigues. -- Lavras : UFLA, 2001.

124 p. : il.

Orientador: Messias José Bastos de Andrade.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Feijão. 2. *Phaseolus vulgaris* L. 3. Nitrogênio. 4. Fósforo. 5. Análise  
econômica. 6. Micronutriente. 7. Micronutriente. I. Universidade Federal de  
Lavras. II. Título.

CDD-635.652894

**JOÃO ROBERTO DE MELLO RODRIGUES**

**RESPOSTA DO FEIJOEIRO (cvs. Carioca e Pérola) A DOSES DE  
NITROGÊNIO E FÓSFORO**

Tese apresentada à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia,  
área de concentração Fitotecnia, para obtenção  
do título de Doutor

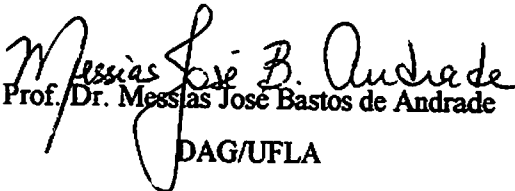
APROVADA em 13 de fevereiro de 2001

Prof.<sup>a</sup> Dra. Janice Guedes de Carvalho  
DCS/UFLA

Pesq. Dra. Miralda Bueno de Paula  
EPAMIG

Prof. Dr. Augusto Ramalho de Moraes  
DEX/UFLA

Prof. Dr. João Batista Donizeti Corrêa  
DAG/UFLA

  
Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade  
DAG/UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

## **DEDICATÓRIA**

### **OFEREÇO**

Ao Sagrado Coração de Jesus e a Mãe Rainha e Vencedora Três Vezes Admirável de Schoenstatt pelas graças alcançadas.

### **DEDICO**

À minha esposa Rosemeire e minhas filhas Elysabeth e Marina por estarem ao meu lado.

### **AOS FAMILIARES**

José (sogro), Madalena (sogra), João e Manoel;

Tio Luiz (in memorian), Tia Margarida e Carminha;

Enio (pai), Elysabeth (mãe, in memorian) e Enio e Antônio Carlos (irmãos) e suas famílias.

Por acreditarem.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de realização deste curso;

À Capes e Fapemig pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade pela amizade fraterna;

Ao Prof. Dr. Arnaldo Junqueira Netto por acreditar e pelo apoio;

Ao Prof. Alysso Paulinelli e Alexandre Paulinelli pela amizade;

À Prof. Dr. Janice Guedes de Carvalho e Prof. Dr. Augusto Ramalho de Moraes pela co-orientação;

Ao Prof. Ricardo Pereira Reis pelas sugestões e cooperação;

Ao Prof. Dr. Itamar Ferreira de Souza pela revisão dos “abstracts”;

A todos os funcionários da UFLA, em especial aos do Departamento de Agricultura (DAG);

Aos “feijoeiros” Itamar, Antônio, Marcelo, Wandeir, Cláudio, Arnaldo e Kikuti e aos colegas Humberto e Tadário, pelo companheirismo e amizade;

Aos demais colegas e professores do DAG, cuja convivência tornou melhor o desenvolvimento deste trabalho;

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho;

**MUITO OBRIGADO.**

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>01</b>
1. Introdução Geral.....	01
2. Referencial Teórico.....	03
2.1 Nutrição mineral do feijoeiro.....	03
2.2 Nitrogênio.....	05
2.2.1 Nitrogênio no solo.....	05
2.2.2 Nitrogênio na planta.....	06
2.2.3 Fixação biológica de nitrogênio(FBN).....	08
2.2.4 Resposta do feijoeiro ao N aplicado.....	09
2.3 Fósforo.....	12
2.3.1 Fósforo no solo.....	12
2.3.2 Fósforo na planta.....	14
2.3.3 Resposta do feijoeiro ao P aplicado.....	15
2.4 Adubação nitrogenada x adubação fosfatada.....	17
2.5 Retorno econômico das adubações.....	18
3. Referências Bibliográficas.....	21
<b>CAPÍTULO 2 : Rendimento de grãos e seus componentes no feijoeiro,</b> <b>(cvs. Carioca e Pérola), em função de doses de</b> <b>nitrogênio e fósforo.....</b>	<b>28</b>
Resumo.....	28

<b>Abstract .....</b>	<b>29</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>32</b>
<b>2. Material e Métodos.....</b>	<b>34</b>
<b>3. Resultados e Discussão.....</b>	<b>38</b>
<b>3.1 Estande inicial.....</b>	<b>38</b>
<b>3.2 Estande final.....</b>	<b>45</b>
<b>3.3 Número de grãos por vagem.....</b>	<b>46</b>
<b>3.4 Peso de cem grãos.....</b>	<b>48</b>
<b>3.5 Número de vagens por planta.....</b>	<b>52</b>
<b>3.6 Rendimento de grãos.....</b>	<b>56</b>
<b>4 Conclusões.....</b>	<b>62</b>
<b>5. Referências Bibliográficas.....</b>	<b>63</b>
<b>CAPÍTULO 3 : Teores foliares de macro e micronutrientes do feijoeiro (cvs. Carioca e Pérola) em função de doses de nitrogênio e fósforo.....</b>	<b>68</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>68</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>69</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>70</b>
<b>2. Material e Métodos.....</b>	<b>72</b>
<b>3. Resultados e Discussão.....</b>	<b>76</b>
<b>3.1 Macronutrientes.....</b>	<b>76</b>
<b>3.2 Micronutrientes.....</b>	<b>80</b>
<b>4. Conclusões.....</b>	<b>87</b>
<b>5. Referências Bibliográficas.....</b>	<b>88</b>

<b>CAPÍTULO 4 : Viabilidade econômica da produção de feijão (cvs. Carioca e Pérola) em função de doses de nitrogênio e fósforo.....</b>	<b>91</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>91</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>93</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>95</b>
<b>2. Material e Métodos.....</b>	<b>97</b>
<b>3. Resultados e Discussão.....</b>	<b>101</b>
<b>4. Conclusões.....</b>	<b>122</b>
<b>5. Referências Bibliográficas.....</b>	<b>123</b>

## RESUMO

RODRIGUES, João Roberto de Mello. **Resposta do feijoeiro (cvs. Carioca e Pérola) a doses de nitrogênio e fósforo.** Lavras: UFLA, 2001.128p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).

Visando a estudar agrônômica e economicamente o efeito de doses crescentes de N e  $P_2O_5$  sobre o rendimento de grãos do feijoeiro, foram conduzidos três ensaios de campo (inverno-primavera 97, primavera-verão 97/98 e verão-outono 98) em um Latossolo Roxo distrófico da área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras - MG, Brasil. Empregou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições e esquema fatorial  $2 \times 4 \times 3$  envolvendo duas cultivares (Carioca e Pérola), quatro doses de fósforo (0, 50, 100 e 150  $kg \cdot ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ , fonte superfosfato triplo), e três doses de N (0, 60 e 120  $kg \cdot ha^{-1}$  de N, fonte uréia, fracionando-se 2/3 na semeadura e 1/3 em cobertura no início da etapa  $V_4$  do ciclo do feijoeiro). Na etapa R6 (floração) as plantas foram amostradas para determinação dos teores foliares de macro e micronutrientes. Por ocasião da colheita determinou-se o rendimento de grãos e os seus componentes primários: número de vagens por planta, número de grãos por vagem e o peso médio de cem grãos. Os resultados revelaram que o rendimento de grãos elevou-se linearmente com o incremento da dose de N, verificando-se maiores acréscimos nas doses mais elevadas de  $P_2O_5$ . O efeito das doses de  $P_2O_5$  também foi linear, mas na presença de N. Embora os teores de macro e micronutrientes tenham, em geral, se situado na faixa adequada, o incremento das doses de N elevou linearmente os teores foliares de N e Zn; as doses de  $P_2O_5$  praticamente não afetaram os teores foliares dos nutrientes. Quanto ao custo de produção, houve pequenas variações entre as diferentes safras, creditadas principalmente à presença ou ausência de irrigação e da necessidade ou não de controle fitossanitário. Em todas as

situações analisadas, a receita obtida com o feijão cresceu com o incremento das doses de N ou P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A análise mostrou ainda que o emprego do preço mínimo do período 1992-2000 (R\$ 0,570.kg<sup>-1</sup>), ao contrário dos preços médio (R\$ 0,956.kg<sup>-1</sup>) e máximo (R\$1,789.kg<sup>-1</sup>), levou à obtenção de receitas inferiores ao custo de produção em várias situações.

---

Comitê Orientador: Messias José Bastos de Andrade - UFLA (Orientador), Janice Guedes de Carvalho - UFLA, Augusto Ramalho de Moraes - UFLA.

## ABSTRACT

RODRIGUES, João Roberto de Mello. Response of common beans (Carioca and Perola cultivars) to nitrogen and phosphorus levels. Lavras: UFLA, 2001. 128p. (Thesis-Doctorate in Agronomy/ Crop Science) \*

Aiming to study agronomically and economically the effects of N and  $P_2O_5$  upon grain yield of common beans plants, three field trials (winter-spring 97, spring-summer 97/98 and summer-fall 98) were conducted on a dystrophic Red Dusky Latosol at experimental area of the Agronomy Department, Lavras Agricultural University (UFLA). The experimental design was randomized block with three replications and  $2 \times 4 \times 3$  factorial scheme involving two beans cultivars (Carioca and Pérola), four doses of phosphorus (0, 50, 100, and 150  $kg \cdot ha^{-1}$  of  $P_2O_5$ , as triple superphosphate), and three doses of N (0, 60 and 120  $kg \cdot ha^{-1}$  of N, as urea, splitting 2/3 at sowing time and 1/3 at covering in the early V4 stage). At R6 (flowering), leaves were harvested for macro and micronutrients determination. Grain yield and its primary components: pods number per plant, grain number per pod and average weight of one hundred grains were determined. The joint analysis revealed that grain yield rose linearly with increased dose of N, noticing higher increases in the two highest doses of  $P_2O_5$ . The effect of  $P_2O_5$  doses was also linear but in the presence of N. Although the macro and micronutrients contents have, in general, situated in the adequate range, the increase of N doses raised linearly the leaf contents of N and Zn. The doses of  $P_2O_5$  practically did not affected leaf contents of the nutrients. There were little variations in the production cost among the different sowing seasons due to mainly the presence or absence of irrigation and need or not of phytosanitary control. The income from the common bean crop increased with increasing doses of N or  $P_2O_5$ . The analysis showed further that the use of the minimum price of

the period (R\$ 0,57.kg<sup>-1</sup>), on the contrary of the average and maximum prices, led to experiment lower incomes than the production cost in several situations.

---

**\* Guidance Committee: Messias José Bastos de Andrade - UFLA (Major Professor), Janice Guedes de Carvalho - UFLA and Augusto Ramalho de Moraes - UFLA.**

# CAPÍTULO 1

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Para o aumento da produtividade das culturas agrícolas, há muito se sabe que há dois caminhos : a melhoria da planta e a melhoria do ambiente onde ela irá se desenvolver. No caso do feijoeiro, os programas de melhoramento genético têm, sistematicamente, colocado à disposição dos produtores novas cultivares que aliam alta produtividade, resistência a doenças e grãos de boa aceitação no mercado consumidor.

Para a melhoria do ambiente visando à maior produtividade, várias estratégias podem ser adotadas, mas entre as de maior impacto estão, sem dúvida, a irrigação, a qual ajuda na redução dos riscos da lavoura, e a adubação que, efetuada de maneira criteriosa e equilibrada, pode gerar grandes retornos, principalmente se associada à primeira.

Embora os resultados de pesquisa sobre adubação permitam concluir que há maior frequência de resposta do feijoeiro aos macronutrientes fósforo (P) e nitrogênio (N), observa-se que a grande maioria dos trabalhos desenvolvidos estudou separadamente os efeitos da adubação fosfatada ou nitrogenada, sem explorar satisfatoriamente a sua interação, e foram conduzidos já há alguns anos, empregando, via de regra, cultivares tradicionais, com baixo potencial de produtividade. Esse último aspecto também se torna relevante, pois segundo alguns autores, a resposta do feijoeiro aos citados nutrientes é dependente do fator cultivar, ou seja, a interação cultivar x resposta à adubação é significativa em muitas situações.

Como os resultados são pouco conclusivos e as recomendações carecem de atualização, de modo a contemplar áreas irrigadas de alta produtividade, e que empregam novas cultivares, produtores e técnicos são levados a utilizarem

quantidades excessivas de fertilizantes que, além de elevarem o custo de produção, ainda podem causar problemas ao ambiente.

Apesar das doses totais empregadas serem muito elevadas, os produtores resistem em reduzi-las, com receio de que as produtividades caiam. Devido à produção em alta escala, este fato tem resultado em boa remuneração da atividade quando os preços do feijão estão em patamares mais elevados, mas tem levado a grandes perdas quando os preços são menores, o que tem provocado a freqüente saída de produtores da atividade, agravando ainda mais o problema da sazonalidade da oferta e dos preços do produto no mercado brasileiro.

Os objetivos do presente trabalho foram: a) avaliar, em um Latossolo Roxo do Município Lavras-MG, a resposta das cultivares de feijão Carioca e Pérola a doses de N e P; b) verificar o efeito dessas doses sobre os teores foliares de macro e micronutrientes; e c) estabelecer (se for o caso, para cada cultivar), a(s) melhor(es) combinação(ões) de doses de N e P para máxima eficiência econômica, de forma a contribuir para o estabelecimento de novas recomendações.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Nutrição mineral do feijoeiro

O crescimento inicial do feijoeiro é muito lento, sendo que nos primeiros 20 dias após a germinação produz apenas 5% da sua matéria seca total. Maior taxa de crescimento ocorre do início do florescimento (30 a 35 dias) até aos 50 dias após a germinação, diminuindo seu crescimento a partir daí (Haag et al., 1967).

Esses dados coincidem com os discutidos por Rosolem (1987), afirmando que durante o florescimento (período entre 45 e 55 dias) é que se observa a maior taxa de crescimento do feijoeiro, acumulando aproximadamente 67 kg de matéria seca.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>. Em seguida, há diminuição na quantidade acumulada, devido à queda de folhas, com novo aumento na matéria seca a partir dos 70 dias, determinado pela formação das vagens e dos grãos.

A absorção de nutrientes segue a curva de crescimento (Moraes, 1988). Haag et al. (1967), por exemplo, afirmam que o feijoeiro absorve todo nitrogênio e potássio de que necessita nos primeiros 50 dias. Nesse período, a planta absorve de 2,0 a 2,5 kg.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> de N (Rosolem e Marubayashi, 1994). Quanto ao K, a planta absorve, em média, 1,69 kg.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> de K na época da diferenciação floral e 3,29 kg.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> de K do final do florescimento ao início da formação de vagens (Rosolem, 1987). Segundo este mesmo autor, a época de maior absorção de P ocorre entre 30 e 55 dias, sendo a demanda mais acentuada no início da formação de vagens (45-55 dias), quando absorve cerca de 0,21 kg.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> de P. Para o Ca, Mg e S, o autor relata em sua revisão que as máximas absorções ocorrem entre as fases de formação dos botões florais até o início da formação das vagens, e nesse período a demanda atinge valores de 1,27

a 1,52 kg.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> de Ca, 0,5 a 1,0 kg ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> de Mg e de 0,3 a 0,8 kg.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> de S.

Analisando os resultados de exigências nutricionais pelo feijoeiro, Moraes (1988) concluiu que as diferenças obtidas nas informações podem ser devidas ao ciclo das cultivares estudadas e que o período de máxima exigência nutricional do feijoeiro é aquele entre 15-20 e 50 dias após a germinação, apesar da disponibilidade de nutrientes logo após a germinação ser imprescindível para o adequado estabelecimento da cultura. Qualquer limitação no suprimento de água e de nutrientes nesse período atrasa e diminui a formação das raízes, comprometendo o crescimento das plantas.

Com relação à extração e exportação de nutrientes pelo feijoeiro, há grande discrepância entre os resultados obtidos por diversos autores, o que pode ser atribuído aos métodos experimentais empregados, cultivares diferentes ou a ensaios em campo ou em vasos, entre outros fatores. De maneira geral, a exigência (extração) nutricional do feijoeiro, em ordem decrescente, é a seguinte: N, K, Ca, Mg, S, P, Fe, Mn, B, Zn e Cu e a exportação pelos grãos, da mesma maneira: N, K, P, S, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, B e Cu (Rosolem, 1987; El-Hunsy, 1992; Fageria e Souza, 1995). Em 1 t de grãos, Rosolem e Marubayashi (1994) citam que a exportação média de nutrientes corresponde a 35,5 kg N; 4,0 kg de P; 15,3 kg K; 3,1 kg de Ca; 2,6 kg de Mg e 5,4 kg de S.

Com relação aos teores adequados na matéria seca de todas as folhas do feijoeiro, coletadas na época do florescimento, Raij et al. (1996) citam os seguintes valores: N = 30-50, P = 2,5-4,0, K = 20-24, Ca = 10-25, Mg = 2,5-5,0, S = 2,0-3,0 g.kg<sup>-1</sup> e B = 15-26, Cu = 4-20, Fe = 40-140, Mn = 15-100, Mo = 0,5-1,5, Zn = 18-50 mg.kg<sup>-1</sup>. Estes teores, segundo aqueles autores, devem ser usados como faixas críticas para a avaliação do estado nutricional da cultura pela diagnose foliar.

Embora todos os nutrientes essenciais sejam igualmente importantes na nutrição do feijoeiro, maiores respostas têm sido observadas com a aplicação de fertilizantes nitrogenados e fosfatados, conforme será visto a seguir.

## 2.2 Nitrogênio

### 2.2.1 Nitrogênio no solo

O nitrogênio (N) ocorre no solo em três formas principais: N orgânico (integrante da matéria orgânica do solo e não disponível para a planta em crescimento), N amoniacal fixado pelos materiais argilosos (muito lentamente disponível para as plantas) e íons de amônio e nitrato ou compostos solúveis (o N que as plantas usam). O N orgânico representa 97 a 98 % do N total do solo e é convertido a N inorgânico ou disponível através da mineralização decorrente da decomposição da matéria orgânica pela ação dos microorganismos do solo (Lopes, 1989). Através da mineralização, os componentes orgânicos se transformam em formas inorgânicas em duas etapas: amonificação, onde há formação de  $\text{NH}_4^+$ , e nitrificação, com formação de  $\text{NO}_2^-$  e, posteriormente,  $\text{NO}_3^-$  (Fassbender, 1975).

Embora a matéria orgânica seja a fonte principal de N no solo, a atmosfera também pode fornecer N ao solo, através de uma série de processos conhecidos por fixação e que pode ser biológica ( não simbiótica ou simbiótica, como nas leguminosas), por oxidação natural (formação de  $\text{NO}_3^-$  pelas descargas elétricas dos relâmpagos e transportadas pelas chuvas até o solo) ou por fixação industrial, através da fabricação de fertilizantes a partir da síntese da amônia (Lopes, 1989).

Dentre os fertilizantes nitrogenados, destacam-se as fontes amoniacais como nitrato de amônio, nitrocálcio, sulfato de amônio, MAP, DAP e uréia, os quais causam acidez no solo (Lopes, 1989).

Por outro lado, as perdas de N no solo ocorrem em função da remoção pelas culturas, das queimadas, da imobilização, da desnitrificação e lixiviação (Fassbender, 1975; Malavolta, 1980). No caso da cultura do feijoeiro, por exemplo, Vieira (1998) afirma que para altas produtividades são requeridas quantidades de N superiores a  $100 \text{ kg.ha}^{-1}$ . As queimadas levam à redução da matéria orgânica do solo, causam grandes perdas de N e S na forma gasosa, além de esterilizarem o solo (Fassbender, 1975). Através da imobilização, o N inorgânico é convertido para a forma orgânica por microorganismos que decompõem os resíduos das culturas, principalmente quando frescos, ou quando apresentam alta relação C/N, acima de 30:1 (Lopes, 1989). A lixiviação consiste na perda do nutriente através do perfil do solo, através da água gravitacional; embora as perdas sejam maiores com o N na forma nítrica, ela é importante porque no solo o N-amoniacoal é, em grande parte, transformado em N-nítrico pela nitrificação (Lopes, 1989).

Normalmente as deficiências de N ocorrem em solos arenosos e lixiviados, por precipitação pesada ou irrigação excessiva, em solos com baixo teor de matéria orgânica (< 2%) e em solos com longa história de cultivo, onde o suprimento de N foi exaurido. Também pode ocorrer deficiência temporária de N em solos férteis quando intensivamente cultivados, pesadamente lixiviados ou inundados (Oliveira, Araújo e Dutra, 1996).

### 2.2.2 Nitrogênio na planta

Nas plantas superiores a absorção do N é realizada com o nutriente em diferentes formas: aminoácidos, uréia,  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ . Quando a absorção é feita na forma amoniacoal, o processo retira o  $\text{NH}_4^+$  da solução do solo e libera prótons de  $\text{H}^+$  no meio, o que diminui o pH. Já o nitrato libera hidroxilas ( $\text{OH}^-$ ), que têm o efeito de aumentar o pH. Após a absorção, o transporte via xilema é rápido e

não é feito apenas como íon inorgânico e sim, na maior parte, como amidas, aminoácidos e ureídeos. No floema, Malavolta (1980) observou a ausência de  $\text{N-NO}_3^-$  e, em seu lugar, a presença de aminoácidos, com redistribuição relativamente rápida do elemento na planta, na forma de aminoácidos, é relativamente rápida (Malavolta, 1980).

De maneira geral, a maior acumulação de N no feijoeiro ocorre entre 50 e 60 dias após a germinação, tanto na planta inteira como nas folhas, raízes, grãos e vagens (Oliveira, Araújo e Dutra, 1996), seguindo aproximadamente a curva de acúmulo de matéria seca (Cobra Neto, Accorsi e Malavolta, 1971; Rosolem, 1987).

De acordo com Oliveira, Araújo e Dutra (1996), quando o N é deficiente no feijoeiro (teores foliares inferiores a  $2 \text{ dag.kg}^{-1}$  de N), as plantas são atrofiadas, com caule e ramos delgados e folhas apresentando coloração entre verde-pálido e amarela. A formação de ramos é reduzida e poucas flores se desenvolvem. As vagens contêm poucas sementes e estas são pequenas, resultando em baixo rendimento de grãos. Segundo Malavolta (1980), plantas deficientes apresentam baixo teor de clorofila e redução no crescimento e na síntese de proteína. Peñuelas, Biel e Estiarte (1993) observaram ainda decréscimo na taxa de crescimento da parte aérea em relação à taxa de crescimento do sistema radicular, redução de 15% na massa foliar do feijoeiro, diminuição na fotossíntese total e na produtividade.

Como o N é rapidamente transferido das folhas velhas para as folhas novas, os sintomas de deficiência aparecem primeiro, e são mais severos nas folhas velhas, avançando para as novas se a deficiência persiste (Oliveira, Araújo e Dutra, 1996).

### 2.2.3 Fixação biológica de nitrogênio (FBN)

O feijoeiro é nodulado por pelo menos três espécies distintas de rizóbios: *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* (Jordan, 1984), *R. tropici* (Martinez-Romero et al., 1991) e *R. etli* (Segovia, Young e Martinez-Romero, 1993). Entretanto, de acordo com vários autores, citados por Oliveira, Araújo e Dutra (1996), no feijoeiro existe uma certa promiscuidade na nodulação, havendo diversos outros rizóbios, isolados de outras leguminosas, que podem induzir a formação de nódulos e o estabelecimento de associações simbióticas com diversos graus de efetividade. Essa afirmativa sugere que a capacidade das estirpes inoculadas competirem com a população nativa de rizóbios estabelecida no solo é de grande importância na determinação da eficiência da fixação.

Outros fatores que podem interferir na FBN do feijoeiro são a acidez e a temperatura do solo, as deficiências nutricionais e a fisiologia da planta em simbiose (Cassini e Franco, 1998).

Apesar do grande número de fatores que podem atuar no sentido de reduzir a eficiência da nodulação e FBN no feijoeiro, existem recomendações, como a de Franco (1995), que sugere a inoculação como única fonte de N para cultivares que apresentam boa nodulação (como Carioca e Ouro Negro) e para níveis de produtividade de até 1500 kg.ha<sup>-1</sup>. Segundo aquele autor, para produtividades superiores deve ser recomendada adubação com N mineral.

Em contrapartida, existem na literatura diversos trabalhos nos quais o uso da inoculação não proporcionou bons resultados em relação à adubação nitrogenada (Peres et al., 1994; Alvarenga, 1995; Andrade et al., 1998a). Esses resultados levam à constatação de que, embora se tenha obtido considerável avanço no conhecimento de fatores que afetam a FBN, ainda não se dispõe de informações seguras para uma recomendação generalizada de estirpes, cultivares ou mesmo da inoculação, de forma a permitir ao agricultor usufruir dos

benefícios da FBN pelo feijoeiro (Andrade e Ramalho, 1995). Rosolem (1996) resume essa colocação afirmando que a inoculação é uma prática que ainda encontra uma série de limitações para emprego generalizado.

#### 2.2.4 Resposta do feijoeiro ao N aplicado

De acordo com Rosolem (1987), têm-se obtido respostas do feijoeiro ao N em todo o Brasil, embora a frequência e amplitude de resposta variem de região para região, e ainda dentro de uma mesma região, em função de clima e das condições fitossanitárias da cultura.

Em Minas Gerais, levantamento realizado por Vieira (1998) mostrou que entre 71 ensaios de campo conduzidos em 30 municípios, 43 ensaios (61%) apresentaram resposta positiva à aplicação de N. Em um dos ensaios, registraram-se respostas a doses tão elevadas quanto  $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de N, enquanto em apenas dois casos o N causou redução do rendimento de grãos. Rosolem (1996), citando outros autores, registra respostas da cultura a doses de até  $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de N em São Paulo,  $90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de N no Rio Grande do Sul e  $120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de N no Paraná e Goiás.

De maneira geral, as recomendações oficiais de adubação preconizam a aplicação de apenas uma fração da dose total no plantio, deixando o restante para aplicação em cobertura. Segundo Malavolta (1980), essa recomendação se deve à baixa exigência inicial de N pelas culturas anuais, ao efeito salino do fertilizante nitrogenado sobre a semente e à possibilidade de perdas por lixiviação, embora este último argumento tenha a sua importância reduzida em função de resultados como o de Urquiaga et al. (1984), os quais demonstraram que ao final da cultura do feijoeiro, 86% do N do fertilizante (fonte sulfato de amônio) ainda se encontravam na camada de 0-45 cm de profundidade em terra roxa estruturada.

Com relação ao parcelamento, Urben Filho et al. (1980), estudando doses e modos de aplicação do nitrogênio (doses de 0, 40, 80, 120 e 160 kg.ha<sup>-1</sup> aplicadas totalmente em cobertura, todo no plantio, ou 1/3 no plantio e 2/3 em cobertura), não encontraram diferenças de produtividade entre os modos de aplicação, embora doses maiores de nitrogênio aplicadas no plantio tenham influído negativamente no estande final. Já Araya et al. (1981) observaram resposta positiva parcelando 1/2 no plantio e 1/2 em cobertura no período de 15 a 29 DAE (dias após emergência). Araújo, Vieira e Miranda (1994), estudando a época de aplicação do nitrogênio em cobertura, concluíram ser vantajosa a aplicação parcelada e recomendaram a cobertura até aos 30 DAE. Kiehl, Silveira e Brito Neto (1993), estudando o efeito de doses e modos de aplicação de uréia na produção de feijão, observaram que a aplicação de uma só vez em cobertura conferiu as menores produções, enquanto o fracionamento da dose em duas aplicações (uma no plantio e outra em cobertura), bem como uma única aplicação no plantio, foram os métodos efetivos. Nesse experimento, em Latossolo Vermelho Amarelo, a resposta máxima ocorreu com a dose de 66 kg.ha<sup>-1</sup>, enquanto em Planossolo solódico o rendimento aumentou até à dose máxima utilizada, 90 kg.ha<sup>-1</sup>.

As doses recomendadas de N são, geralmente, estabelecidas com base em resultados obtidos nos experimentos conduzidos em cada Unidade da Federação, pois a análise de rotina do solo não inclui a determinação do teor de N, por se tratar de nutriente bastante dinâmico no solo, podendo ser encontrado nas mais variadas formas, como já foi visto anteriormente. Verifica-se, entretanto, uma certa morosidade na incorporação de novos resultados ou informações às recomendações oficiais. Em Minas Gerais, por exemplo, permaneciam em vigor as recomendações para o emprego de corretivos e fertilizantes elaboradas há mais de 10 anos (Comissão..., 1989), mostrando-se desatualizada e extremamente generalizada, já que em qualquer situação

recomendavam o emprego de 20 kg .ha<sup>-1</sup> de N no plantio e 30 a 40 kg.ha<sup>-1</sup> de N em cobertura.

Esta generalização da recomendação da adubação nitrogenada não parecia adequada, pois ignorava diversos fatores que, sabidamente, interferem na resposta, tais como disponibilidade de água (Calvache et al., 1995; Rosolem, 1996), cultivares (Silva, 1988), nível de produtividade (Rosolem, 1996), teor de matéria orgânica (Raij, 1981; Moraes, 1988), método de manejo (Ambrosano et al., 1995, citados por Rosolem, 1996), entre outros. Do mesmo modo, não considerava resultados importantes obtidos no Estado com resposta a doses maiores que as convencionais, como os de Andrade et al. (1998b), os quais encontraram resposta linear a doses de até 40 kg.ha<sup>-1</sup> de N no plantio; os de Cardoso, Fontes e Vieira (1978) e Teixeira et al. (2000), com respostas lineares a até 150 kg.ha<sup>-1</sup> de N; ou os de Araya et al. (1981) com respostas lineares a 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N ou quadráticas com máximo em 133 kg.ha<sup>-1</sup> de N.

TABELA 1. Níveis de tecnologia, produtividade esperada e doses de N recomendadas para a cultura do feijoeiro no plantio e cobertura.

Nível Tecnológico	Produtividade Esperada (kg.ha <sup>-1</sup> )	N plantio (kg.ha <sup>-1</sup> )	N cobertura (kg.ha <sup>-1</sup> )
1	< 1200	20	20*
2	1200-1800	20	30*
3	1800-2500	30	40**
4	> 2500	40	60**

\* Adubação em cobertura 25 - 30 DAE, com solo úmido

\*\* Cobertura parcelada aos 20 e 30 DAE

Fonte: Vieira (1998)

Tomando por base estes e outros resultados experimentais, Vieira (1998) relata que um grupo de técnicos que trabalha com a cultura do feijoeiro no Estado de Minas Gerais propôs novas recomendações de adubação, no que diz respeito ao N, considerando quatro níveis de produtividade, conforme mostrado na Tabela 1, recentemente incluída na 5ª aproximação das recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Minas Gerais (Ribeiro, Guimarães e Alvarez V., 1999).

## **2.3 Fósforo**

### **2.3.1 Fósforo no solo**

O ciclo do fósforo (P) difere do ciclo do N no sentido de que o P não descreve um ciclo completo. O homem é o maior responsável pela ciclagem do P, retirando-o das rochas e transformando-o em adubo; parte permanece fixado no solo e parte é conduzida para o mar (Malavolta, 1976). Outra diferença entre o N e o P, é que o último apresenta relativa estabilidade e não apresenta compostos inorgânicos como os nitrogenados, que podem ser volatilizados e lixiviados (Fassbender, 1975). O fornecimento de íons fosfato para a solução vem da dissolução dos fertilizantes aplicados, dos fosfatos naturais inorgânicos e da mineralização direta dos fosfatos orgânicos (Fassbender, 1975). O P é o macronutriente aplicado em maior quantidade como adubo no Brasil, devido ao fato dos solos tropicais e subtropicais apresentarem baixos teores e alto poder de fixação do elemento (Malavolta, 1980; Raij, 1991).

As grandes variações na quantidade de fósforo no solo dependem das rochas de origem e também da quantidade de matéria orgânica presente (Fassbender, 1975).

Malavolta (1976) explica que o P do solo ocorre quase exclusivamente como ortofosfato, por se originar do ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) e se divide em duas

categorias: os fosfatos inorgânicos e os orgânicos. Os fosfatos inorgânicos podem ser encontrados em minerais primários, como a fluorapatita e hidroxiapatita, ou em minerais secundários resultantes de reações entre o ácido fosfórico e o ferro ou alumínio ou cálcio. Os fosfatos orgânicos têm como compostos principais a fitina e seus derivados, ácidos nucleicos, fosfolípidos e fosfatos orgânicos solúveis, que podem ser aproveitados diretamente pelas plantas (Malavolta, 1981).

A mineralização ocorre por ação de bactérias, fungos e actinomicetos que, ao decomporem os restos vegetais e a matéria orgânica do solo, liberam o P neles contido, tornando-o disponível para as plantas. O P, como o N, é tanto mineralizado como imobilizado. Se o material em decomposição for pobre para as exigências dos microorganismos, o efeito maior será a imobilização e se o material for rico em P, ocorre a liberação de P inorgânico (Malavolta, 1976).

A matéria orgânica ainda contribui com a diminuição do poder de fixação do fósforo. Malavolta (1981), citando Buckman e Brady (1969), afirma que o húmus e produtos da decomposição da matéria orgânica, como ácidos orgânicos, são eficientes complexadores de Fe e do Al. Malavolta (1976), citando Thompson (1957), relata que a matéria orgânica do solo apresenta cargas negativas que se combinam com o  $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$  e  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ , imobilizando o ferro e o alumínio de tal forma que esses elementos não podem precipitar o  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ .

A “fixação” se divide em três grupos de reações: a adsorção (reações químicas ou físicas que resultam na concentração de P em superfícies), reações de substituição isomórfica e reação de dupla decomposição (onde o fosfato reage com Ca, Fe e Al), dando precipitados cujos produtos têm baixa solubilidade (Malavolta, 1981).

Raij (1991) aborda os teores de P do solo sob o ponto de vista da nutrição, classificando-os em três frações: o da solução, o lábil e o não-lábil. Tal referência não conflita com as formas inorgânicas e orgânicas de fósforo, sendo

usada como forma de explicar o nível de disponibilidade do P. O fósforo lábil é aquele que está em equilíbrio rápido com o fósforo da solução e o não-lábil representa a maior parte do fósforo inorgânico do solo, compostos insolúveis e que só lentamente podem ser transformados em lábil.

Para fornecer às culturas o fósforo necessário, é preciso utilizar-se de estratégias para diminuir a fixação e aumentar o fósforo disponível. Entre as estratégias para a cultura do feijoeiro podem-se citar a correção do solo para pH próximo de 6,5, adubação total no plantio e em sulco, e fosfatagem corretiva (Malavolta, 1981), além do emprego, na irrigação, de lâminas de 450 a 500 mm por ciclo de plantio (Silveira e Moreira, 1990).

### 2.3.2 Fósforo na planta

O ácido ortofosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) dá, por dissociação, dependendo do pH do meio,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  e  $\text{PO}_4^{3-}$ . Na faixa de pH 4 a 8, predomina o  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , a forma mais absorvida pelas plantas. No xilema, o transporte é feito principalmente na forma de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ; enquanto no floema a principal forma é a fosforil-colina. Após a absorção, o fósforo absorvido é incorporado em compostos orgânicos, como fosfohexoses e difosfato de uridina (Malavolta, 1980).

Na planta, o P tem as funções estruturais e de armazenamento e fornecimento de energia (Malavolta, 1980). Os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas completas e são mais severos nas folhas mais velhas, as quais apresentam clorose completa marginal seguida por escurecimento com necrose marrom e margens enroladas para cima, quando as folhas morrem; as nervuras são ligeiramente proeminentes e verdes. Nas folhas jovens os folíolos são menores que o normal e adquirem coloração verde-azulada (Oliveira, Araújo e Dutra, 1996). A deficiência de fósforo ocasiona

efeitos fisiológicos, como o decréscimo na taxa de crescimento, redução na expansão e no alongamento celular devido à diminuição na condutividade hidráulica da célula e redução na área foliar (Rao e Terry, 1989). O estresse ocasionado pela deficiência de P reduz a absorção de nitrato e sua translocação da raiz para a parte aérea e aumento do teor de aminoácidos livres (Rufy Jr., Mackown e Israel, 1990; Rufy Jr. et al., 1993).

### 2.3.3 Resposta do feijoeiro ao P aplicado

Em função das características da grande maioria dos solos brasileiros, que apresenta baixos teores de P e grande capacidade de fixação do P aplicado, as respostas à adubação fosfatada são bastante frequentes e de magnitude considerável (Rosolem, 1996). Levantamento realizado por Vieira (1998) registra que dentre 60 ensaios de campo conduzidos em 28 municípios mineiros, em 42 ensaios (70%) houve efeito positivo da adubação fosfatada. Em um desses ensaios (Junqueira Netto, 1977) chegou-se a constatar respostas a doses tão altas como 150, ou mesmo 260 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

De maneira geral, as tabelas oficiais de recomendação baseiam-se no teor de P no solo e em ensaios de resposta da cultura à aplicação de doses crescentes do nutriente. O teor de P no solo é bastante variável em função do extrator utilizado para o nutriente (Mehlich, resina e outros) e da textura do solo em questão, principalmente quando se utiliza o extrator Mehlich (Raij, Feitosa e Carmello, 1982), cujas quantidades de P extraível apresentam relação inversa com os teores de argila do solo. Carvalho et al. (1995), por exemplo, observaram que a quantidade de P extraída por Mehlich - 1 em quatro solos de cerrado foi menor nos solos mais argilosos que, entretanto, apresentaram menores requerimentos do nutriente para obter 90% da produção relativa de grãos.

A textura do solo é importante porque interfere no coeficiente de difusão do P do solo até às raízes, da mesma forma que as condições hídricas (Rosolem, 1990). A associação de calagem, adubação e irrigação aumenta o crescimento radicular, a concentração de P e o coeficiente de difusão do nutriente no solo, o que explica a razão da máxima resposta ao P nessas condições (Rosolem, 1996). Diversos trabalhos confirmam a interação entre irrigação e respostas à adubação fosfatada, mostrando que em culturas irrigadas: a) para mesma dose de P, se obtém maior produtividade, em função da maior eficiência na utilização do fertilizante pela planta; b) dentro de certos limites pode-se atingir a mesma produtividade utilizando-se diferentes combinações de doses de P e lâminas de água (Parra e Voss, 1978; Frizzone, 1986; Silveira e Moreira, 1990). Da mesma forma, o efeito da calagem na resposta à adubação fosfatada também é bastante conhecido, dado que a reação do solo afeta grandemente o grau de solubilidade dos diferentes compostos no solo (Fontes, Gomes e Vieira, 1965; Lopes, 1989).

Na cultura do feijoeiro, vários trabalhos demonstram resposta diferencial de cultivares de feijão à adubação fosfatada, sendo que alguns autores sugerem que as recomendações levem em consideração as diferentes cultivares (Miranda e Lobato, 1978; Gomes e Braga, 1980; Ronzelli Júnior et al., 1985). Junqueira Netto (1977) chegou a conclusão semelhante, verificando que as doses máximas de  $P_2O_5$  para se obter os rendimentos máximos variaram de 144 a 260  $kg.ha^{-1}$ , em função das variedades e das condições ambientais, do experimento, estimando a dose média máxima em 195  $kg.ha^{-1}$ . Oliveira et al. (1987), avaliando cultivares de feijão quanto à eficiência no uso de fósforo, também encontraram respostas diferenciais entre as cultivares, sendo que o maior retorno econômico ficou situado entre 30 e 120  $kg.ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  e o máximo de rendimento físico, entre 500 e 600  $kg.ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ .

## 2.4 Adubação nitrogenada x adubação fosfatada

O P é vital para o vigoroso e rápido crescimento das plantas na fase inicial e o N parece exercer importante papel na absorção de P pelas plantas. Quando aplicado com N, o P se torna mais disponível para as plantas do que quando aplicado sem N (Lopes, 1989).

Fontes, Braga e Gomes (1980) estudaram a resposta do feijoeiro, cv. Rico 23, à aplicação de calcário, nitrogênio e fósforo em ensaios de campo conduzidos nos municípios de Viçosa, Visconde do Rio Branco e São Pedro dos Ferros, todos na Zona da Mata de Minas Gerais. Em Viçosa, onde os resultados se mostraram mais conclusivos, o N foi o fator mais importante, seguido do P e do calcário. Com o aumento da dose de calcário naquela localidade, menores doses de N e P foram requeridas para maiores produtividades e em cada dose de calcário, diversas combinações N e P poderiam ser empregadas para se alcançar uma certa produtividade. Para as condições daquele ensaio, o rendimento máximo foi estimado em 1943 kg.ha<sup>-1</sup> de grãos, através do emprego de 5,9 t.ha<sup>-1</sup> de calcário, 127 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 53,7 kg.ha<sup>-1</sup> de N.

Na Zona Metalúrgica mineira, também com a cv. Rico 23, Bolsanello et al. (1975) conduziram dois ensaios em Itaúna, dois em Pará de Minas e um em Divinópolis, testando três doses de N (0, 30 e 60 kg.ha<sup>-1</sup>) e quatro doses de P (0, 40, 80 e 100 kg.ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). A interação entre os dois fatores foi significativa, exceto em Pará de Minas. Em Itaúna e num dos ensaios de Pará de Minas o efeito das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foi quadrático (produções máximas em torno de 80 kg.ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), mostrando-se linear nos outros dois ensaios. O efeito das doses de N foi linear em Itaúna e Divinópolis e quadrático nos outros dois (produções máximas com cerca de 50 kg.ha<sup>-1</sup> de N).

Em Tietê-SP, Feitosa et al. (1980) utilizaram a cv. Carioca para estudar o efeito de duas doses de N (25 e 50 kg.ha<sup>-1</sup>) e três doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (30, 60 e 90

kg.ha<sup>-1</sup>) na ausência e presença de calcário (0 e 1 t.ha<sup>-1</sup>). A produtividade média do ensaio foi excelente (2757 kg.ha<sup>-1</sup> de grãos). A calagem causou aumento significativo médio da ordem de 267 kg.ha<sup>-1</sup> no rendimento. Na presença da calagem observou-se efeito linear de N, mas não houve efeito do P. Na ausência de calagem houve efeito linear das doses de N e também efeito linear das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na presença de 50 kg.ha<sup>-1</sup> de N.

## 2.5 Retorno econômico das adubações

A maioria dos estudos leva em consideração apenas o máximo de produção e a dose do nutriente a ser aplicada para atingir esse máximo. Esse valor é normalmente denominado de Máximo de Eficiência Física - MEF. Quando se dispõe de uma equação do 2º grau, esse valor pode ser calculado tomando-se a sua derivada primeira e igualando-a a zero. Entretanto, como se trata de adubação, é necessário precupar-se com o sentido econômico; daí a necessidade de se encontrar a dose do nutriente que é capaz de produzir o máximo, economicamente, ou seja, o Máximo de Eficiência Econômica - MEE. Para encontrá-lo multiplica-se a derivada primeira pelo preço unitário do produto (no caso, o feijão), igualando-se a expressão ao preço unitário do nutriente. O valor obtido corresponde à dose econômica a ser usada (Braga, 1982).

Utilizando quatro experimentos de adubação com cálcio, nitrogênio e fósforo conduzidos na Zona da Mata de Minas Gerais, Silva (1967), verificou que a função quadrática ajustou-se melhor aos dados, mostrando-se mais coerente que a função de produção Cobb-Douglas e função raiz quadrada. Empregando aquele modelo aos dados de Viçosa, obteve como econômicos os níveis de 5.422 kg.ha<sup>-1</sup> de calcário, 105,8 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 44,6 kg.ha<sup>-1</sup> de N.

Junqueira Netto (1977), trabalhando com diferentes cultivares, observou respostas cúbicas e quadráticas à aplicação de  $P_2O_5$ . Entre estas cultivares, encontrou máximos econômicos de até  $184 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ .

No Estado do Espírito Santo, município de Domingos Martins, Delazari (1981) procurou determinar o rendimento econômico de três cultivares de feijoeiro (Cornell 49-242, Manteigão Fosco 11 e Ricobaio 1014) em função da aplicação de quatro doses de N (0, 50, 100 e  $150 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) e quatro doses de P (0, 100, 200 e  $300 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ ). A cv. Cornell 49-242 mostrou-se mais produtiva e responsiva às adubações, seguida da Ricobaio 1014 e Manteigão Fosco 11. Nas três cultivares a resposta ao P foi quadrática, com máximos físicos entre  $214$  e  $227 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  e máxima eficiência econômica entre  $187$  e  $212 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ . Cornell 49-242 e Manteigão Fosco 11 responderam linearmente às doses de N, mas na Ricobaio 1014 a resposta foi quadrática, com máximo físico em  $94 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N e máxima eficiência econômica entre  $78$  e  $83 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N.

Outra forma de abordagem econômica em ensaios de adubação consiste em uma análise baseada no uso da teoria do custo a curto prazo (Ferguson, 1978; Reis e Guimarães, 1986). Para se obterem informações da lucratividade das diferentes situações de adubação, compara-se o preço do kg de feijão (ou receita) com o custo total. Alguns trabalhos procuram ainda calcular a quantidade necessária de feijão para pagar cada custo envolvido no processo produtivo e também a quantidade para cobrir o custo total. $\text{ha}^{-1}$  da cultura. Almeida et al. (1990), por exemplo, analisando um sistema de produção irrigado em Lavras-MG, verificaram que seria necessária uma produtividade média mínima de  $1037 \text{ kg.ha}^{-1}$  para não se ter prejuízo com o empreendimento.

Dependendo da natureza do estudo, abordagem econômica mais simplificada também pode dar uma boa aproximação da viabilidade econômica

de sistemas de produção ou de simples tratamentos, conforme empregaram Kikuti (2000) e Souza (2000).

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, V.M.; RAMALHO, M.A.P.; REIS, A.J.; MUNIZ, J.A. Avaliação agronômica e econômica de sistemas de produção de feijão irrigado (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciência e Prática*, Lavras, v.14, n.2, p.125-136, maio/ago. 1990.
- ALVARENGA, P.E. de. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenadas e molibídica e à inoculação com *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*. Lavras: UFLA, 1995. 67p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia)
- ANDRADE, M.J.B. de; ALVARENGA, P.E.; CARVALHO, J.G.; SILVA, R.; NAVES, R.L. Influência do nitrogênio, rizóbio e molibdênio sobre o crescimento, nodulação radicular e teores de nutrientes no feijoeiro. *Revista Ceres*, Viçosa, v.45, n.257, p.65-79, jan./fev. 1998a.
- ANDRADE, M.J.B. de; DINIZ, A.R.; CARVALHO, J.G.; LIMA, S.F. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.22, n.4, p.499-508, out./dez. 1998b.
- ANDRADE, M.J.B. de; RAMALHO, M.A.P. Cultura do feijoeiro. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Curso de atualização técnica dos engenheiros agrônomos do Banco do Brasil, módulo sudeste. Sete Lagoas, 1995. 97p. (Mimeografado)
- ARAYA, R.; VIEIRA, C.; MONTEIRO, A.A.T.; CARDOSO, A.A.; BRUNE, W. Adubação nitrogenada da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, v.28, n.156, p.134-149, mar./abr. 1981.
- ARAÚJO, G.A. de A.; VIEIRA, C.; MIRANDA, G.V. Efeito da época de aplicação do adubo nitrogenado em cobertura sobre o rendimento do feijão, no período de outono-inverno. *Revista Ceres*, Viçosa, v.14, n.236, p.442-450, jul./ago. 1994.
- BOLSANELLO, J.; VIEIRA, C.; SEDIYAMA, C.S.; VIEIRA, H.A. Ensaios de adubação nitrogenada e fosfatada da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), na Zona Metalúrgica de Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, v.22, n.124, p.423-430, nov./dez. 1975.

- BRAGA, J.M. Avaliação da fertilidade do solo: ensaios de campo. Viçosa, MG.: UFV, 1982. 101p.
- CALVACHE, M.; REICHARDT, K.; SILVA, J.C.A.; PORTEZAN FILHO, Aducação nitrogenada do feijão sob estresse de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos Expandidos...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p.649-651.
- CARDOSO, A.A.; FONTES, L.A.N.; VIEIRA, C. Efeito de fontes e doses de adubo nitrogenado sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.25, n.139, p.292-295, maio/jun. 1978.
- CARVALHO, A.M. de; FAGERIA, N.K.; OLIVEIRA, I.P. de; KINJO, T. Resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo em solos dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n.19, n.1, p.61-67, jan./abr. 1995.
- CASSINI, S.T.A.; FRANCO, M.C. Fixação biológica de nitrogênio. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T.J. de; BORÉM, A. (ed.) **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa UFV, 1998. p.153-180.
- COBRA NETO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Roxinho. **Anais Escola Superior Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.28, p.251-271, 1971.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes, em Minas Gerais: 4ª aproximação**. Lavras, 1989. 176p.
- DELAZARI, P.C. Rendimento econômico de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da aplicação de nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.5, n.1, p.46-50, jan./abr. 1981.
- EL HUSNY, J.C. **Limitações nutricionais para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solo do Norte de Minas Gerais**. Lavras: ESAL, 1992. 151p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- FAGERIA, N.K.; SOUZA, N.P. de Resposta das culturas de arroz e feijão em sucessão a adubação em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.3, p.359-368, mar. 1995.

- FASSBENDER, H.W. Química de suelos: com ênfasis en suelos de América Latina. Turrialba: Editorial IICA, 1975. 398p.
- FEITOSA, C.T.; RONZELLI JR., P.; ALMEIDA, L'Ade; VEIGA, A.A.; HIROCE, R.; JORGE, J.P.N. Adubação NP para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na presença e na ausência de calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.4, n.3, p.156-159, set./dez. 1980.
- FERGUSON, C.E. Microeconomia. Rio de Janeiro: Forense, 1978. 615p.
- FONTES, L.A.N.; BRAGA, L.J.; GOMES, F.R. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de calcário, adubo nitrogenado e fosfatado, em municípios da Zona da Mata, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, v.27, n.150, p.134-144, mar./abr. 1980.
- FONTES, L.A.N.; GOMES, F.R.; VIEIRA, C. Resposta do feijoeiro à aplicação de N, P, K, e calcário na Zona da Mata, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, v.12, n.71, p.265-285, set./dez. 1965.
- FRANCO, A.A. Nutrição nitrogênio na cultura do feijoeiro. *Informações Agrônomicas*, Piracicaba, n.70, p.4-5, dez. 1995.
- FRIZZONE, J.A. Funções de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação. Piracicaba: ESALQ, 1986. 133p. (Dissertação - Tese Mestrado em Fitotecnia)
- GOMES, J. de C.; BRAGA, J.M. Relação entre a capacidade tampão de fósforo de três latossolos de Minas Gerais e a absorção diferencial de fósforo em três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, Viçosa, v.27, n.150, p.135-144, mar./abr. 1980.
- HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, v. 26, n.30, p.381-391, ago. 1967.
- JORDAN, D.C. Family III. Rhizobiaceae Conn. 1938, 3a1AL. In: KRIEG, N.R.; HOLT, J.G (ed.) *Bergey's manual of systematic bacteriology*. Baltimore: The Willians and Wilkins, 1984. p.234-254.

- JUNQUEIRA NETTO, A.** Resposta diferencial de variedades de feijão à adubação nitrogenada e fosfatada. Viçosa: UFV, 1977, 99p. (Tese – Doutorado em Fitotecnia).
- KIEHL, J.C.; SILVEIRA, R.I.; BRITO NETO, J.** Rates and methods of applying urea to common beans. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.50, n.2, p.254-260, jun./set. 1993.
- KIKUTI, H.** Resposta diferencial de cultivares de milho e feijão ao efeito residual da adubação da batata. Lavras: UFLA, 2000. 85p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).
- LOPES, A.S. (Trad.)** Manual de fertilidade do solo. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989. 153p.
- MALAVOLTA, E.** Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E.** Manual de química agrícola. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 528p.
- MALAVOLTA, E.** Manual de química agrícola: adubos e adubação. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596p.
- MARTINEZ-ROMERO, E.; SEGOVIA, L.; MERCANTE, F.M.; FRANCO, A.A.; GRAHAM, P.; PARDO, M.A.** *Rhizobium tropici* a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. trees. *International Journal of Systematic Bacteriology*, Whashington, v.41, n.3, p.417-426, 1991.
- MIRANDA, L.N.; LOBATO, E.** Tolerância de variedade de feijão e de trigo ao alumínio e à baixa disponibilidade de fósforo no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.2, n.1, p.44-50, jan./abr. 1978.
- MORAES, J.F.V.** Calagem e adubação. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. *Cultura do feijoeiro fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1988. p.261-301.

- OLIVEIRA, I.P. de; ARAUJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (coord.) *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.169-222.
- OLIVEIRA, I.P.; THUNG, M.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; CARVALHO, J.R.P. de Avaliação de cultivares de feijão quanto à eficiência no uso de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n.1, p.39-45, jan. 1987.
- PARRA, M.S.; VOSS, M. Adubação do feijoeiro no Paraná In: *Manual Agropecuário do Paraná*. Londrina: IAPAR, 1978. p.247-255.
- PEÑUELAS, J.; BIEL, C.; ESTIARTE, M. Changes in biomass, chlorophyll content and gas exchange of beans and peppers under nitrogen and water stress. *Photosynthetica*, Prague, v.29, n.4, p.535-542, 1993.
- PERES, J.R.R.; SUHET, A.R.; MENDES, I.C.; VARGAS, M.A.T. Efeito de inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada em sete cultivares de feijão em solo de Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, n.3, p.415-420, set./dez. 1994.
- RAIJ, B. van. *Avaliação da fertilidade do solo*. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato – Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.
- RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. São Paulo: Ceres, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (eds). *Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- RAIJ, B. van; FEITOSA, C.T.; CARMELLO, Q.A.C. Adubação Fosfato no Estado de São Paulo. In: OLIVEIRA, A.J. de; LOURENÇO, S.; GODERT, W.J (ed.). *Adubação fosfatada no Brasil*. Brasília: EMBRAPA-DID, 1982. p.103-136.
- RAO, I.M.; TERRY, N. Leaf phosphate status, photosynthesis and carbon partitioning in sugar beet: I. Changes in growth, gas exchange, and Calvin cycle enzymes. *Plant Physiology*, Rokville, v.90, n.3, p.814-819, 1989.
- REIS, A.J.; GUIMARÃES, J.M.P. Custo de produção na agricultura. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.12, n.143, p.15-22, nov. 1986.

- RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (eds) **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa, 1999. 359p.
- RONZELLI JÚNIOR, P.; VIEIRA, C.; BRAGA, J.M.; SEDIYAMA, C.S. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à calagem e adubação fosfatada. *Revista Ceres*, Viçosa, v.32, n.184, p.500-524, nov./dez. 1985.
- ROSOLEM, C.A. Adubação do feijoeiro sob irrigação. In: FANCELLI, A.L. (coord.) **A cultura do feijoeiro irrigado.** Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1990. p.57-94.
- ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C. A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (coord.) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.353-416.
- ROSOLEM, C.A. **Nutrição e adubação do feijoeiro.** Piracicaba: POTAFOS, 1987. 93p. (POTAFOS. Circular Técnica, 8)
- ROSOLEM, C.; MARUBAYASHI, O.M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.68, p.1-16, dez. 1994.
- RUFTY JR., T.W.; ISRAEL, D.W.; VOLK, R.J.; QIU, J.; SA, T. Phosphate regulation of nitrate assimilation in soybean. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v.44, n.262, p.879-891, May 1993.
- RUFTY JR, T.W.; Mac KOWN, C.T.; ISRAEL, D.W. Phosphorus stress effects on assimilation of nitrate. *Plant Physiology*, Rockville, v.94, n.1, p.328-333, Sept. 1990.
- SILVA, P.R. **Análise econômica do emprego de fertilizantes na cultura do feijoeiro, através da função de produção – Zona da Mata-MG.** Viçosa, MG.: UFV, 1967. 61p. (Dissertação – Mestrado em Economia Rural)
- SILVA, A J. **Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada.** Lavras: ESAL, 1988. 85p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)

- SILVEIRA, P.M. da; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo e lâminas de água de irrigação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, n.1, p.63-67, jan./abr. 1990.
- SEGOVIA, L.; YOUNG, J.P.N.; MARTINEZ-ROMERO, E. Reclassification of American *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* type I strains as *Rhizobium etli* sp. nov. *International Journal of Systematic Bacteriology*, Washington, v.43, p.374-377, 1993.
- SOUZA, A. B. População de plantas, níveis de adubação e calagem para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) num solo de baixa fertilidade. Lavras: UFLA, 2000. 69p. (Tese – Doutorado em Fitotecnia).
- TEIXEIRA, I.R.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J.G.; MORAIS, A.R.; CORRÊA, J.B.D. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.24, n.2, p.399-408, abr./jun. 2000.
- URBEN FILHO, G.; CARDOSO, A.A.; VIEIRA, C.; FONTES, L.A.N.; THIÉBAUT, J.T.L. Doses e modos de aplicação do adubo nitrogenado na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) *Revista Ceres*, Viçosa, v.27, n.151, p.302-312, maio/jun. 1980.
- URQUIAGA, C. S.; LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K.; MORAES, S. O.; VICTORIA, R. L. Variação do nitrogênio nativo e do proveniente do fertilizante, em terra roxa estruturada, durante o desenvolvimento de uma cultura de feijão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.8, n.2, p.223-227, maio/ago. 1984.
- VIEIRA, C. Adubação Mineral e Calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JR, T.J. de; BORÉM, A. (ed.) *Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas*. Viçosa: UFV, 1998. p.123-152.

## CAPÍTULO 2

### RESUMO

**RODRIGUES, João Roberto de Mello. Rendimento de grãos e seus componentes no feijoeiro (cvs. Carioca e Pérola) em função de doses de nitrogênio e fósforo.**

Visando a estudar o efeito de doses crescentes de N e  $P_2O_5$  sobre o rendimento de grãos do feijoeiro, foram conduzidos três ensaios de campo (inverno-primavera 97, primavera-verão 97/98 e verão-outono 98) em um Latossolo Roxo distrófico da área experimental do Departamento de Agricultura da UFLA, em Lavras-MG. Empregou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições e esquema fatorial  $2 \times 4 \times 3$  envolvendo duas cultivares (Carioca e Pérola), quatro doses de fósforo (0, 50, 100 e 150  $kg \cdot ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ , fonte superfosfato triplo), e três doses de N (0, 60 e 120  $Kg \cdot ha^{-1}$  de N, fonte uréia, fracionando-se 2/3 na semeadura e 1/3 em cobertura no início da etapa  $V_4$  do ciclo do feijoeiro). Por ocasião da colheita determinou-se o rendimento de grãos e os seus componentes primários. Os resultados revelaram nas safras inverno-primavera e verão-outono a adição de doses crescentes de N reduziram linearmente a germinação e emergência das plântulas, resultando em menores populações, mas elevaram o peso médio de cem grãos. O número de grãos por vagem não foi influenciado pelo incremento das doses de N e  $P_2O_5$ , que, entretanto, elevaram linearmente o número de vagens por planta. O rendimento de grãos elevou-se linearmente com o incremento da dose de N, verificando-se maiores acréscimos nas duas maiores doses de  $P_2O_5$  e na safra inverno-primavera. O efeito das doses de  $P_2O_5$  também foi linear, mas apenas na presença de N.

## ABSTRACT

**RODRIGUES, João Roberto de Mello. Grain yield and yield components of two common beans cultivars as a result of nitrogen and phosphorus doses.**

Aiming to study the effect of N and  $P_2O_5$  doses on grain yield and yield components of common beans crop, three field trials were conducted (winter-spring 97, spring-summer 97/98 and summer-autum 98) on Dusky Red Latossol at the experimental area of the Agronomy Department, Lavras Agricultural University (UFLA). The experimental design was randomized blocks with three replications and a  $2 \times 4 \times 3$  factorial arrangement involving two cultivars (Carioca e Pérola), four doses of phosphorus (0, 50, 100 and 150  $kg \cdot ha^{-1}$  of  $P_2O_5$ , as triple superphosphate), and three doses of N (0, 60 and 120  $kg \cdot ha^{-1}$  of N, as urea, fractioning 2/3 at the sowing time and 1/3 as covering at the beginning of V4 stage). At harvest, the grain yield and their primary components were determined: number of pods per plant, number of grains per pod and one hundred grains weight. The joint analysis revealed that in the winter-spring and summer-fall growing seasons, the increase doses of N reduced linearly germination of the beans seedlings, resulting in lower populations. In these two growing seasons the increase of N doses increased the weight of one hundred grains. The number of grains per pod was not affected by the N and  $P_2O_5$  doses, which however, linearly incresed the number of pods per plant. The grain yield was linearly increased as N doses reaised with higher effects in the dose of N, bigger raises in the two highest doses of  $P_2O_5$ . The  $P_2O_5$  dose effect was also linear, but in the presence of N.

## 1 INTRODUÇÃO

A literatura é relativamente rica em resultados sobre a aplicação de nitrogênio (N) e fósforo (P) no feijoeiro, permitindo a conclusão de que estes são os nutrientes dos quais a cultura apresenta maiores respostas.

Embora seja uma leguminosa, o feijoeiro, por uma série de razões como baixa competitividade do rizóbio com microorganismos e grande suscetibilidade a altas temperaturas do solo, entre outras (Oliveira, Araújo e Dutra, 1996; Cassini e Franco, 1998), apresenta baixa eficiência no processo de fixação simbiótica de nitrogênio – FBN (Andrade et al., 1998a, b). Constata-se, portanto, que apesar do considerável avanço nos estudos nessa área, ainda não se dispõe de informações seguras para uma recomendação generalizada de estirpes, cultivares ou mesmo da inoculação, de forma a permitir ao agricultor usufruir dos benefícios da FBN pelo feijoeiro (Andrade e Ramalho, 1995).

Respostas do feijoeiro à adubação nitrogenada têm sido observadas em todo o Brasil, embora com frequência e amplitude variáveis (Rosolem, 1987). Em Minas Gerais, 61% dos ensaios apresentaram respostas positivas do feijoeiro à aplicação de N (Vieira, 1998) e embora a recomendação oficial no Estado prescrevesse até 1999 apenas a aplicação de 20 kg.ha<sup>-1</sup> de N no plantio e de 20-40 kg.ha<sup>-1</sup> de N em cobertura (Comissão..., 1989), vários ensaios demonstravam respostas a doses superiores (Cardoso, Fontes e Vieira, 1978; Araya et al., 1981; Andrade et al., 1998b; Teixeira et al., 2000).

Como a maioria dos solos brasileiros apresenta baixos teores de P e grande capacidade de fixação do P aplicado, as respostas da cultura do feijoeiro à adubação fosfatada são bastante frequentes e de magnitude considerável (Rosolem, 1996). Em Minas Gerais, em 70% dos ensaios realizados houve efeito positivo da adubação fosfatada (Vieira, 1998) e, apesar das recomendações oficiais indicarem, até 1999, a aplicação de doses de 50 a 90 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,

(Comissão..., 1989), vários estudos já mostravam respostas positivas à aplicação de doses superiores às recomendadas (Junqueira Netto, 1977; Oliveira et al., 1987). Muitos desses resultados (N e  $P_2O_5$ ) somente foram incorporados às recomendações oficiais de Minas Gerais a partir de 2000 (Ribeiro, Guimarães e Alvarez V., 1999).

Embora os resultados de pesquisa reflitam essa grande frequência de respostas do feijoeiro a N e P, constata-se que, com raras exceções (Fontes, Braga e Gomes, 1980; Bolsanello et al., 1975; Feitosa et al., 1980; Delazari, 1981), a maioria dos trabalhos desenvolvidos estudou separadamente os efeitos da adubação nitrogenada ou fosfatada, sem explorar satisfatoriamente a sua interação. Além do mais, foram conduzidos já há alguns anos, empregando, via de regra, cultivares tradicionais, com baixo potencial de produtividade. Este último aspecto também se torna relevante, pois segundo alguns autores (Silva, 1988; Ronzelli Júnior et al., 1985; Oliveira et al., 1987), a resposta do feijoeiro aos citados nutrientes é dependente do fator cultivar, ou seja, a interação cultivar x resposta à adubação é significativa em muitas situações.

O objetivo do presente trabalho foi o de estudar, em um Latossolo Roxo distrófico do Município de Lavras, Sul de Minas Gerais, o efeito da adição de doses crescentes de N e P sobre o rendimento de grãos e componentes do rendimento das cv. Carioca e Pérola.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido nas safras do inverno-primavera 1997, primavera-verão 1997/98 e verão-outono 1998 (Vieira e Vieira, 1995), em áreas contíguas no campo experimental do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Lavras situa-se na região sul de Minas Gerais, a 21°14' de latitude sul e 45°00' de longitude oeste, a uma altitude média de 910 m acima do nível do mar (Brasil, 1992).

O clima da região é caracterizado, segundo Köppen, como temperado úmido, com verões quentes e invernos secos (Brasil, 1992). A temperatura média anual é de 19,4°C, a precipitação anual alcança 1534 mm e a umidade relativa do ar média anual é de 76,2% (Brasil, 1992). As principais ocorrências climáticas durante a condução dos ensaios são apresentadas na Figura 1.

O solo da área experimental, conforme classificação de Freire (1979), é um Latossolo Roxo distrófico de textura argilosa, originalmente sob cerrado, já cultivado há mais de 20 anos. Resultados da análise química de amostras de solo, coletadas antes de cada plantio à profundidade de 0-20 cm nas áreas utilizadas, são apresentados na Tabela 1. Observa-se que, de maneira geral, o feijoeiro foi cultivado em solo com baixo teor de fósforo, médio a alto teor de potássio, médio teor de matéria orgânica e média saturação por bases. A acidez do solo foi classificada como média, exceto na safra de primavera-verão, quando a área apresentou acidez elevada (Tabela 1).

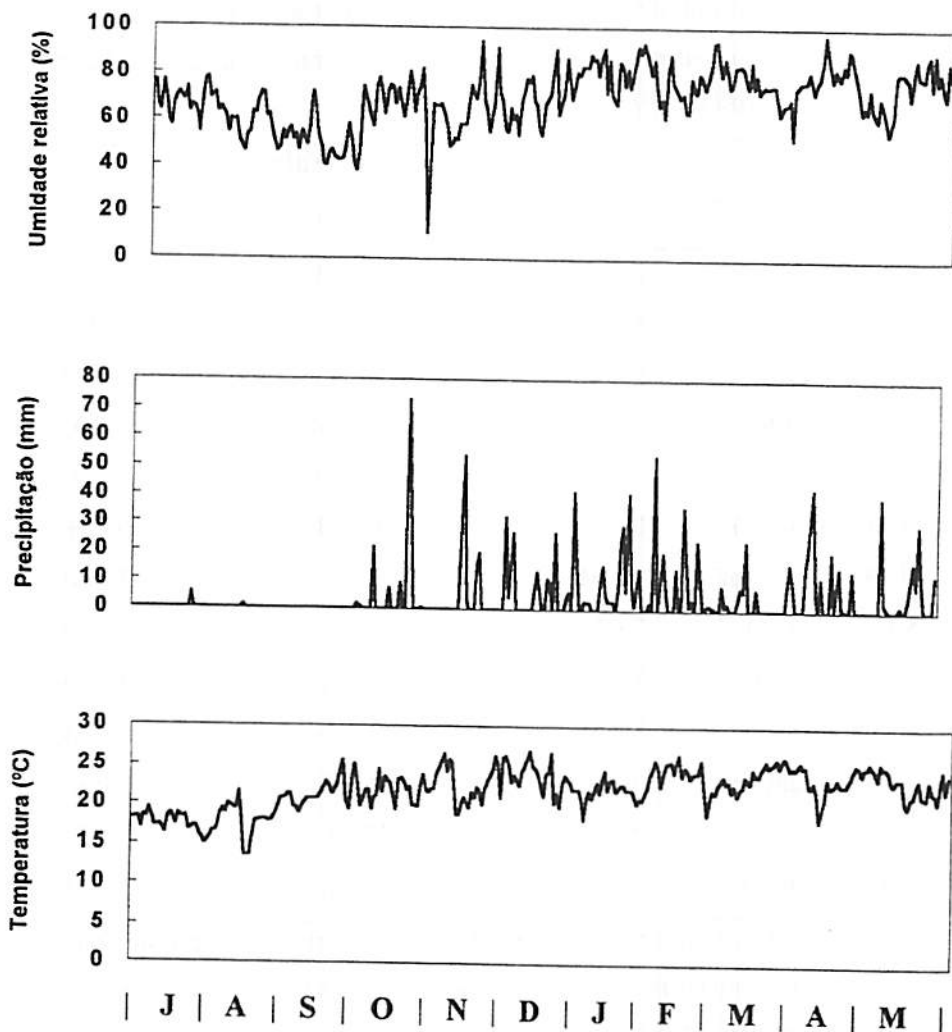


FIGURA 1. Variação diária da temperatura média, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar, no período de julho de 1997 a maio de 1998. (Dados fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Lavras-MG, situada no “campus” da UFLA, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET)

TABELA 1. Resultados da análise química de amostras (0-20 cm profundidade) dos solos utilizados, antes de cada semeadura. UFLA, Lavras - MG, 1997/98.<sup>(1)</sup>

Características <sup>(2)</sup>	Safrá		
	Inverno-primavera	Primavera-verão	Verão-outono
pH em água	5,5 AcM	4,8 AcE	5,5 AcM
P (mg.dm <sup>-3</sup> )	6 B	6 B	5 B
K (mg.dm <sup>-3</sup> )	31 M	70 A	5,6 M
Ca (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	2,6 M	3,0 M	2,0 M
Mg (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	1,2 A	1,0 M	1,1 A
Al (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,0 B	0,0 B	0,0 B
H+Al (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	4,5 M	3,2 M	3,2 M
S (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	3,9 M	4,2 M	3,2 M
t (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	3,9 M	4,2 M	3,2 M
T (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	8,4 M	7,4 M	6,4 M
m (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,0 B	0,0 B	0,0 B
V (%)	46 B	57 M	50 M
M.O (dag.kg <sup>-1</sup> )	2,1 M	2,3 M	1,9 M

(1) Análises realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciências do Solo (DCS) da UFLA de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1997) e interpretação de acordo com Comissão...(1989). AcM = acidez média, AcE = acidez elevada, B = teor baixo, M = teor médio, A = teor alto (Comissão..., 1989).

(2) S = soma de bases, t = CTC efetiva, m = saturação de Al, T = CTC a pH 7,0, V = Saturação de bases.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com três repetições e os tratamentos foram dispostos em um esquema fatorial

2x4x3, envolvendo duas cultivares, quatro doses de fósforo e três doses de nitrogênio.

As cultivares, ambas do tipo comercial carioca, foram a Carioca e a Pérola. A Carioca foi selecionada em lavoura comercial de São Paulo e recomendada pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) há mais de duas décadas, possui hábito de crescimento do tipo III (indeterminado prostrado), ciclo normal e resistência ao mosaico-comum. A Pérola, originalmente linhagem LR 720982 CPL 53, foi lançada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em 1994 e possui hábito II/III (semi-ereto a prostrado), ciclo normal e resistência ao mosaico-comum, ferrugem e mancha angular (EMBRAPA, 1998).

O fósforo foi empregado nas doses de 0, 50, 100 e 150 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, utilizando-se como fonte o superfosfato triplo, aplicado totalmente por ocasião da semeadura do feijão, juntamente com o fertilizante potássico (cloreto de potássio) e parte do fertilizante nitrogenado, quando este estava presente. Para evitar problemas relacionados ao efeito salino sobre a germinação e emergência, os fertilizantes foram bem misturados ao solo no fundo dos sulcos antes da semeadura.

As doses de nitrogênio foram 0, 60 e 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N, empregando-se a uréia como fonte e parcelando-se a dose em duas aplicações: 2/3 na semeadura e 1/3 em cobertura, aos 20 dias após a emergência (DAE) das plântulas, resultando, portanto, nas aplicações de 0+0, 40+20 e 80+40 kg.ha<sup>-1</sup> de N. A cobertura nitrogenada foi feita de forma convencional, manual, em filete contínuo, lateralmente às plantas.

O preparo das glebas utilizadas foi convencional, com uma aração e duas ou três gradagens. A calagem foi dispensada, uma vez que se utilizou o método que se baseia nos teores de alumínio e cálcio mais magnésio para o cálculo da recomendação (Vieira, 1998). As semeaduras foram realizadas

manualmente em 16/07/97 (inverno-primavera), 18/11/97 (primavera-verão) e 13/02/98 (verão-outono). A emergência plena foi computada quando cerca de 90% das plântulas haviam emergido, o que ocorreu, respectivamente, em 25/07/97, 24/11/97 e 19/02/98.

Além das doses de N e P utilizadas nos tratamentos, foram usados na semeadura 50 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, fonte cloreto de potássio. Adicionaram-se ainda 15 kg de formulação granulada do inseticida sistêmico “forate”, como preventivo contra pragas iniciais da cultura.

Adotou-se o espaçamento de 0,5 m entre linhas, densidade de 15 sementes por metro e profundidade de semeadura de 3-4 cm. Cada parcela foi constituída por quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, perfazendo área total de 10 m<sup>2</sup> e área útil de 5 m<sup>2</sup> (as duas fileiras centrais).

Na primavera-verão foram empregados os inseticidas monocrotophós e deltametrin para o controle de pequena infestação por cigarrinha verde (*Empoasca kraemeri*) e lagarta da vagens (*Maruca testulalis*). Nos ensaios do verão-outono e do inverno-primavera não foram necessárias quaisquer medidas de controle fitossanitário.

Os demais tratamentos culturais foram os normalmente empregados na cultura na região. O ensaio do inverno-primavera foi conduzido sob irrigação por aspersão convencional e no ensaio do verão-outono realizaram-se irrigações complementares.

Foram avaliados, em cada ensaio, o rendimento de grãos e os componentes do rendimento (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso médio de cem grãos), além dos estandes inicial e final.

Os componentes do rendimento foram determinados a partir de amostra aleatória de 10 plantas tomada ao acaso na área útil de cada parcela. O estande inicial após a emergência e o estande final por ocasião da colheita foram obtidos pela contagem do número de plantas existentes na área útil.

O rendimento de grãos foi determinado pela pesagem da totalidade dos grãos obtidos na parcela útil após a trilha de todas as plantas nela existentes, incluindo a citada amostra de 10 plantas. O peso originalmente obtido foi corrigido para 13% de umidade, de acordo com a expressão a seguir e posteriormente expresso em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

$$P = \frac{Pc \cdot (100 - Uo)}{(100 - Ui)}$$

em que:

P : peso corrigido

Pc : peso de campo

Uo : umidade de campo (%)

Ui : umidade de correção = 13%

Os dados relativos aos três ensaios foram submetidos à análise de variância individual, por ensaio, considerando a estrutura fatorial  $2 \times 4 \times 3$  e, posteriormente, realizou-se a análise conjunta, de acordo com esquema baseado em Banzatto e Kronka (1995), usando-se o pacote computacional SISVAR<sup>(1)</sup>, versão 3.01 (Ferreira, 2000).

Os efeitos das safras, quando significativos, foram estudados mediante comparação de médias pelo teste de Tukey, o mesmo acontecendo para os efeitos de cultivares. Os efeitos das doses de N e  $\text{P}_2\text{O}_5$ , quando significativos pelo teste de F, foram estudados mediante análise de regressão, com posterior seleção da(s) equação(ões) mais representativa(s) das relações entre as variáveis envolvidas (Gomes, 1990), observando-se concomitantemente a significância do modelo e o valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um resumo da análise de variância conjunta dos dados relativos às três safras é apresentado na Tabela 2. Inicialmente, deve ser observado que foi boa a precisão experimental com que foi estimada a maioria das características, o que pode ser avaliado pelos valores dos coeficientes de variação (CV%), os quais se mostraram coerentes com os normalmente obtidos com a cultura do feijoeiro na região (Abreu et al., 1994), exceto no caso do número de vagens por planta, cujo valor do CV (30,48%) pode ser considerado alto.

Os valores médios das características na análise conjunta são apresentados na Tabela 3 por safra e cultivar, e ainda em função das doses de N e de  $P_2O_5$ .

#### 3.1 Estande Inicial

O estande inicial foi significativamente influenciado pelas fontes de variação safras (S) e doses de nitrogênio (N), bem como pelas interações S x cultivares (C), S x N, doses de fósforo (P) x N e S x P x N (Tabela 2).

TABELA 2. Resumo (quadrados médios) da análise de variância conjunta dos dados relativos às três safras. UFPA, Lavras-MG, 1997/98.

QUADRADOS MÉDIOS										
Fonte de	Graus de	Estande	Estande	Final	Graos por	Peso Cem	Vagens por	Grãos	Plantas	Rendimento
Variação	Liberdade	Inicial	Final	Estade	Graos por	Peso Cem	Vagens por	Grãos	Plantas	Rendimento
Bloco(safrá)	6	889,65	600,06	600,06	0,08	7,55	12,25	60771,55		
Safra (S)	2	16886,86 **	13184,23 **	1914,11 **	22,00 **	517,30 **	45,95 **	4715558,53 **		
Cultivar (C)	1	143,40	1914,11 **	1914,11 **	6,97 **	1640,82 **	25,83 *	2490928,23 **		
Fósforo (P)	3	193,37	252,83	1170,73 **	0,27	15,58 **	18,71 *	1155827,72 **		
Nitrogênio (N)	2	3227,59 **	13499,92 **	12612,39 **	0,25	102,54 **	78,17 **	925148,53 **		
S x C	2									
S x P	6	146,72	280,61	280,61	0,11	2,42	1,33	82098,20		
S x N	4	1068,53 **	1120,66 **	1120,66 **	0,22	8,14 **	79,73 **	2542883,47 **		
C x P	3	105,86	206,30	206,30	0,21	6,49 *	5,24	239391,09		
C x N	2	314,34	78,06	78,06	0,40	1,41	5,36	48777,92		
P x N	6	285,53 *	214,53	214,53	0,08	1,64	2,63	438477,25 **		
S x C x P	6	57,41	121,24	121,24	0,19	1,27	10,01	73523,94		
S x C x N	4	69,81	199,90	199,90	0,16	1,60	10,52	99077,29		
S x P x N	12	252,08 **	242,56	242,56	0,11	1,23	6,18	133452,14		
C x P x N	6	47,52	67,11	67,11	0,29	2,89	4,20	173608,68		
S x C x P x N	12	128,91	128,15	128,15	0,16	2,12	10,88	198783,36		
Resíduo Médio	138	105,99	142,71	142,71	0,15	1,82	6,41	135257,23		
CV (%)		9,19	11,29	11,29	8,62	5,85	30,48	25,01		

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F

TABELA 3. Valores médios de características agronômicas de duas cultivares de feijoeiro, em função de safras e doses de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. UFLA, Lavras - MG, 1997/1998.

Fatores	Estande Inicial (5m <sup>2</sup> )	Estande Final (5m <sup>2</sup> )	Grãos Por Vagem <sup>(1)</sup>	Peso 100 Grãos (g)	Vagens por Planta	Rendimento de Grãos (kg.ha <sup>-1</sup> )
<b>Safras:</b>						
Inv-Prim.	96	91	4,9 a	25,91	9,1	1738
Prim-Verão	127	117	3,8 c	20,59	7,5	1228
Verão-out	113	109	4,5 b	22,67	8,3	1446
<b>Cultivares:</b>						
Pérola	113	109	4,2 b	25,81	7,9	1578
Carioca	111	102	4,6 a	20,30	8,6	1363
<b>N (kg.ha<sup>-1</sup>):</b>						
0	118	109	4,4	22,74	5,8	962
60	114	107	4,5	22,65	8,5	1567
120	105	101	4,4	23,78	10,6	1883
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg.ha<sup>-1</sup>):</b>						
0	110	103	4,3	23,70	7,5	1322
50	112	105	4,4	22,97	8,4	1368
100	111	106	4,4	23,15	8,3	1596
150	115	108	4,5	22,40	9,0	1596
<b>Médias</b>	112	106	4,4	23,06	8,3	1470

(1) Dentro de cada fator, médias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Considerando os valores médios das três safras (Tabela 3), o estande inicial médio, correspondente a 11 plantas.m<sup>-1</sup>, mostrou-se próximo da densidade esperada de 12 plantas.m<sup>-1</sup>, considerada ideal. Entretanto, verifica-se na Tabela 4 que as cultivares, além de se comportarem diferencialmente quanto a essa característica, tiveram esse comportamento influenciado pela safra, ou seja, pela época de semeadura. Na primavera-verão e no verão-outono o estande inicial da cv. Carioca foi superior ao da cv. Pérola, ocorrendo o contrário no inverno-primavera. Entretanto, considerando que não foi realizado desbaste para padronização do estande inicial, essas diferenças podem estar relacionadas a pequenas variações no poder germinativo das sementes empregadas em cada safra,

TABELA 4. Estande inicial médio (5m<sup>2</sup>) de duas cultivares de feijoeiro em três safras. UFLA, Lavras - MG, 1997/98.<sup>(1)</sup>

Safra	Cultivares		Médias
	Pérola	Carioca	
Inv.-Primavera	113 A b	80 B c	96
Prim.-Verão	119 B a	135 A a	126
Verão-Outono	106 B c	119 A b	112
Médias	113	111	112

(1) Médias seguidas por diferentes letras diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam cultivares e minúsculas, safras.

mesmo com o cuidado de se utilizarem sementes comerciais com germinação superior a 80%. Nota-se ainda que no inverno-primavera constatou-se o menor estande inicial, o que é comum na região face às baixas temperaturas no período (Araújo, 1998). Além do mais, o menor estande da cultivar Carioca nessa última

safrá pode também ser resultante, pelo menos parcialmente, de sua baixa germinação em presença de baixas temperaturas, conforme encontrado por Von Pinho et al. (1991). Essa hipótese justificaria não só a inversão de comportamento da cv. Carioca nessa safra, mas também a maior magnitude da diferença entre cultivares.

Na safra de primavera-verão, ambas as cultivares apresentaram maior estande inicial (Tabela 4), provavelmente em função de umidade e temperatura mais favoráveis.

Para melhor entendimento do efeito da interação S x P x N sobre o estande inicial, foram feitos dois tipos de desdobramento: efeito das doses de fósforo dentro de cada dose de N e safra (Figura 2) e efeito das doses de nitrogênio dentro de cada dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e safra (Figura 3). No primeiro caso (Figura 2), o efeito das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foi significativo apenas em duas situações: no inverno-primavera, dose 60 kg.ha<sup>-1</sup> de N (com baixo R<sup>2</sup>, 0,55) e no verão-outono, dose 120 kg N.ha<sup>-1</sup> de N (R<sup>2</sup> = 0,98), quando as doses crescentes de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pareceram elevar linearmente o estande inicial. Entretanto, não se mostrou significativo nas demais, combinações de safra x doses de N, o que, de certa forma, indica que aquele efeito não foi consistente, podendo as significâncias ter sido encontradas apenas em função da boa precisão experimental.

No segundo desdobramento da interação S x P x N (Figura 3), conseguiu-se detectar efeito mais consistente das doses de N sobre o estande inicial do feijoeiro nas safras do inverno-primavera e verão-outono. Nestas duas safras, em diversas situações o incremento da dose de N no plantio reduziu o estande inicial, o que já havia sido constatado por diversos autores (Silveira e Damasceno, 1993; Araújo, Vieira e Miranda, 1994; Teixeira et al., 2000), os quais atribuíram esse resultado a um aumento no efeito salino do fertilizante sobre a germinação da semente.

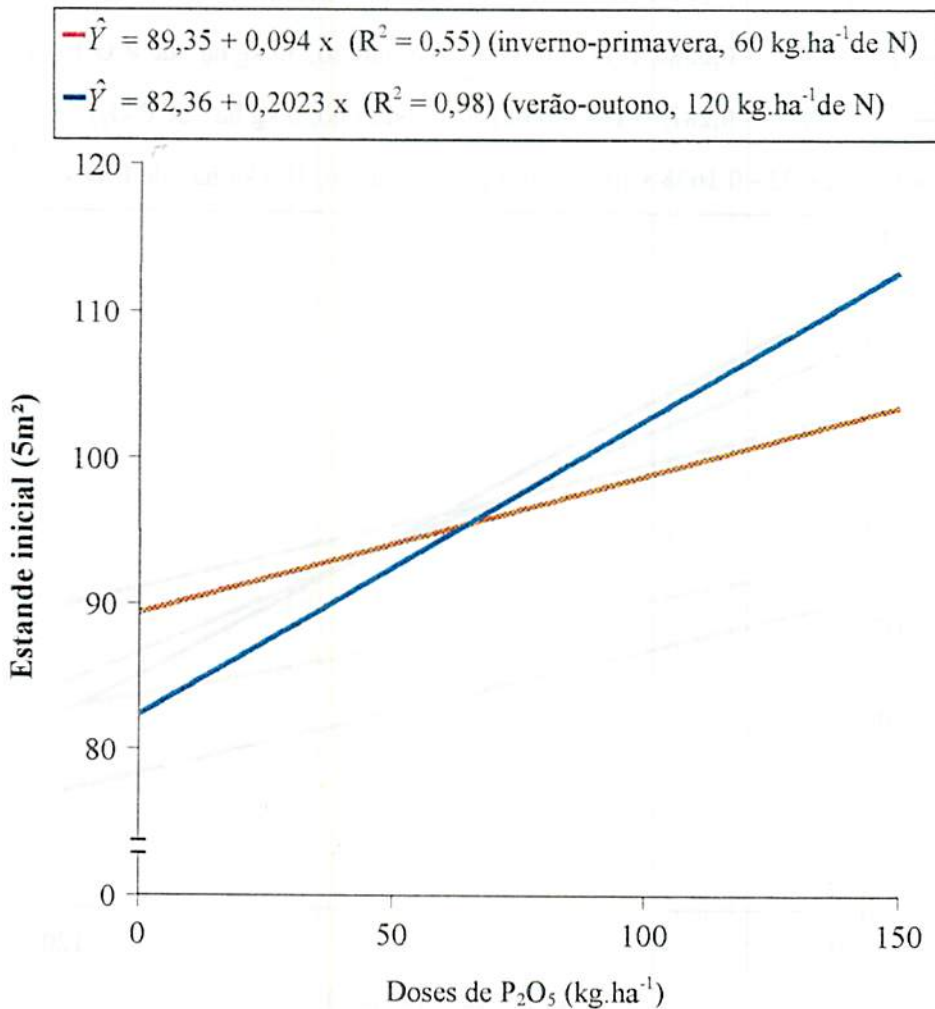


FIGURA 2. Comportamento do estande inicial do feijoeiro, em função de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para algumas combinações de safras e doses de N. UFLA, Lavras -MG, 1997/98.

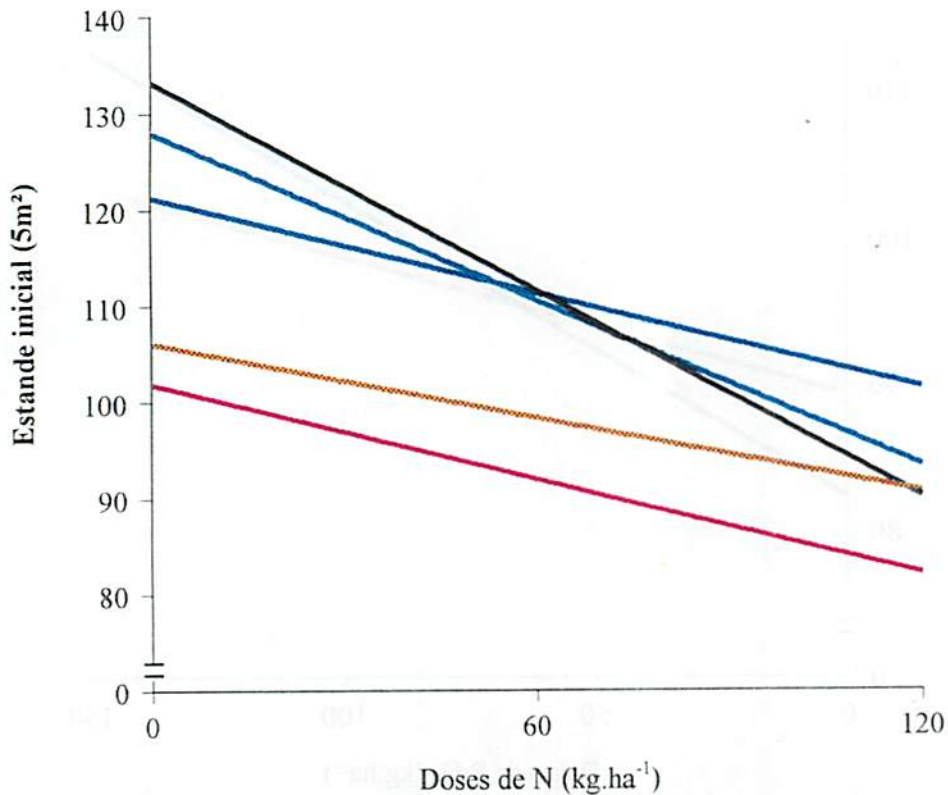
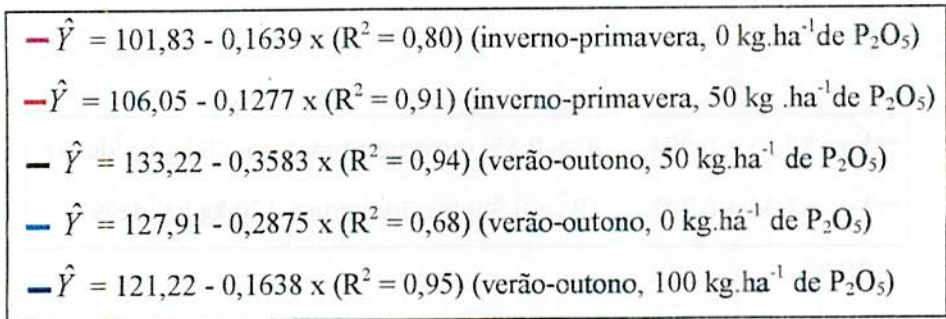


FIGURA 3. Comportamento do estande inicial do feijoeiro, em função de doses de N para algumas combinações de safras e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. UFLA, Lavras - MG, 1997/98.

O fato desse efeito não se ter manifestado na primavera-verão (ou águas) pode ter sido resultante da maior umidade do solo, normalmente verificada nessa safra em função da maior precipitação pluviométrica (Figura 1).

### 3.2 Estande final

O estande final médio obtido nas três safras correspondeu à densidade de 10,6 plantas/m e mostrou-se coerente com o estande inicial médio (11,2 plantas/m). Indicou que houve bom índice de sobrevivência das plantas (Tabela 3), sem qualquer alteração de grande magnitude que pudesse reduzir a população de plantas durante o ciclo da cultura. Na Tabela 2, entretanto, verifica-se que além dos efeitos principais de safra, cultivares e nitrogênio, as interações S x C e S x N também influenciaram o estande final dos feijoeiros.

Observa-se na Tabela 5 que os estandes finais das duas cultivares apresentaram-se compatíveis com os estandes iniciais (Tabela 4), ou seja, a cv. Pérola mostrou maior estande que a Carioca no inverno-primavera, mas foi superada nas outras duas safras. Da mesma forma, como consequência das diferenças verificadas no estande inicial, o estande final da safra de inverno-primavera foi inferior ao das demais safras (Tabela 5).

A análise de regressão, por outro lado, indicou que o efeito das doses crescentes de N em reduzir o estande inicial dos feijoeiros (Figura 3), também se manifestou sobre o estande final nas mesmas safras (inverno-primavera e verão-outono), conforme pode ser verificado na Figura 4. Esse fato, de certa forma, confirma a hipótese já levantada de que, à exceção da safra de primavera-verão, as doses crescentes de N causaram problemas à germinação ou emergência dos feijoeiros em razão do aumento da concentração salina nas proximidades das sementes. Fato semelhante já havia sido mencionado por Urben Filho et al. (1980).

TABELA 5. Estande final médio (5m<sup>2</sup>) de duas cultivares de feijoeiro em três safras. UFLA, Lavras - MG, 1997/98 <sup>(1)</sup>.

Safrá	Cultivares		Médias
	Pérola	Carioca	
Inv.-Primavera	109 A ab	73 B b	91
Prim.-Verão	114 B a	121 A a	117
Verão-Outono	103 B b	115 A a	109
Médias	109	102	106

(1) Médias seguidas por diferentes letras diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam cultivares e minúsculas, safras.

### 3.3 Número de grãos por vagem

O número de grãos por vagem foi significativamente influenciado apenas pelas safras e pelas cultivares de feijoeiro (Tabela 2), caracterizando-se mais como uma característica varietal. De fato, os valores médios apresentados na Tabela 3 praticamente não variaram em função das doses de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

No inverno-primavera registrou-se o maior número de grãos por vagem, seguido das safras de verão-outono e, finalmente, pela primavera-verão (Tabela 3). Apesar de se tratar de característica varietal, nesta última safra o menor valor médio observado (3,8 grãos.vagem<sup>-1</sup>) pode ter sido resultante do manejo de água deficiente em relação à primeira safra.

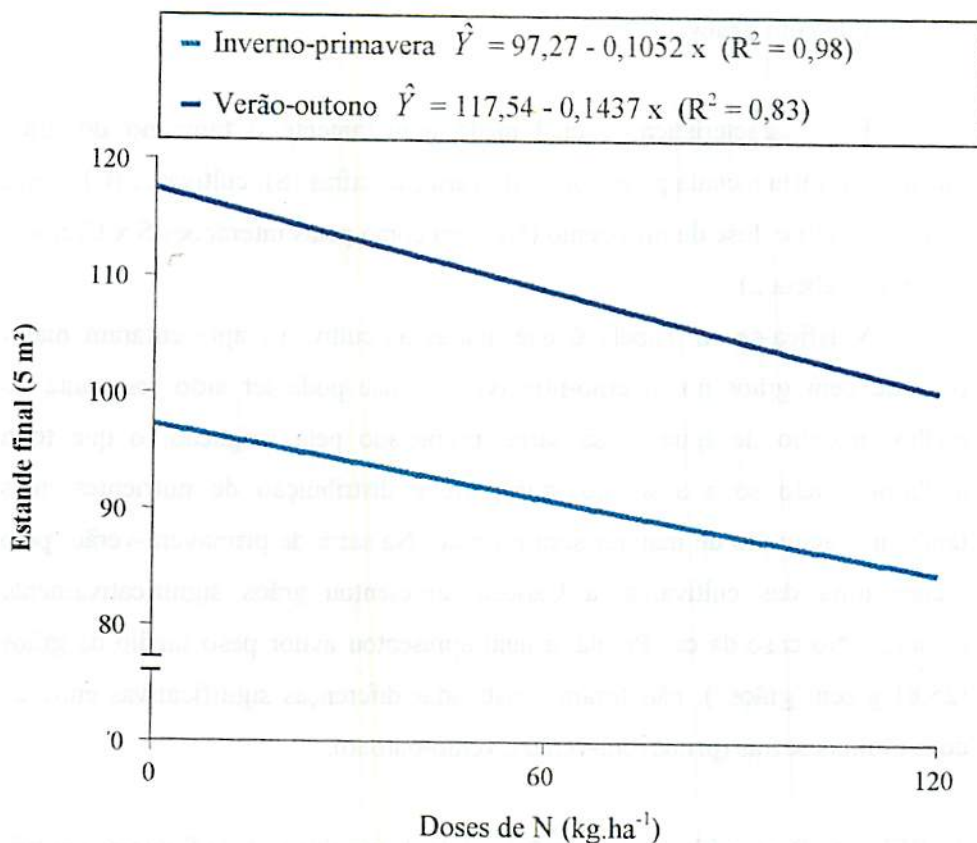


FIGURA 4. Comportamento do estande final do feijoeiro, em duas safras, em função de doses de N. UFLA, Lavras - MG, 1997/98.

Por outro lado, a cultivar Carioca (4,6 grãos.vagem<sup>-1</sup>) mostrou-se superior à Pérola (4,2 grãos.vagem<sup>-1</sup>) quanto a esta característica (Tabela 3), mas a diferença foi de pequena magnitude. Em trabalho recente com ambas as cultivares, Valério, Andrade e Ferreira (1999) não constataram tal diferença, mesmo obtendo precisão experimental comparável à do presente ensaio.

### 3.4 Peso de cem grãos

Essa característica, a qual mede indiretamente o tamanho do grão, mostrou-se influenciada pelas fontes de variação safras (S), cultivares (C), doses de fósforo (P) e dose de nitrogênio (N), bem como pelas interações S x C, S x N e C x P (Tabela 2).

Verifica-se na Tabela 6 que ambas as cultivares apresentaram maior peso de cem grãos no inverno-primavera, o que pode ter sido resultante do melhor manejo de água nessa safra, propiciado pela irrigação, o que teria melhorado não só a absorção, transporte e distribuição de nutrientes, mas também o acúmulo de matéria seca no grão. Na safra de primavera-verão, pelo menos uma das cultivares, a Carioca, apresentou grãos significativamente menores. No caso da cv. Pérola, a qual apresentou maior peso médio de grãos (25,81 g.cem grãos<sup>-1</sup>), não foram constatadas diferenças significativas entre as duas últimas safras (primavera-verão e verão-outono).

TABELA 6. Peso médio de cem grãos (g) de duas cultivares de feijoeiro em três safras. UFLA, Lavras - MG, 1997/98. <sup>(1)</sup>

Safr	Cultivares		Médias
	Pérola	Carioca	
Inv.-Primavera	28,01 A a	23,81 B a	25,91
Prim.-Verão	24,73 A b	16,46 B c	20,59
Verão-Outono	24,70 A b	20,63 B b	22,67
Médias	25,81	20,30	23,06

(1) Médias seguidas por diferentes letras diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam cultivares e minúsculas, safras.

Maior peso médio de cem grãos da cv. Pérola em relação à Carioca já havia sido observado por Valério, Andrade e Ferreira (1999), em cujo estudo a primeira cultivar também superou as 25 g.cem grãos<sup>-1</sup>, recente exigência do mercado de feijão, além do fundo claro (carioca “leite”) e ausência de halo amarelo.

O estudo da interação safra x N (Figura 5) mostrou que não houve efeito das doses de N na safra de primavera-verão, mas revelou também que o incremento da dose de N levou à produção de grãos de maior tamanho, seguindo modelo linear na safra de verão-outono e quadrático no inverno-primavera. Para a falta de resposta na safra das águas poderiam ser levantadas, entre outras, as seguintes hipóteses: maior lixiviação do N aplicado e maior adição de N através das chuvas e descargas elétricas. Na verdade, os dois fatores poderiam ter atuado e serem responsáveis pelo ocorrido. Nas demais safras, os modelos ajustados mostraram que não foram alcançados pontos de máximo peso de cem grãos, indicando que seria possível obter-se grãos ainda maiores, caso se utilizassem doses maiores que 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N (Figura 5).

O desdobramento da interação C x P mostrou que no caso da cv. Pérola, o peso médio de cem grãos não foi afetado pelas doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Na cv. Carioca, entretanto, o aumento das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> causou redução linear no peso do grão (Figura 6), concordando com resultados obtidos por Andrade et al. (1997) com a cv. Carioca - MG. Naquele trabalho, os autores argumentaram que essa redução poderia ter sido consequência do aumento do número de vagens por planta causado pelo incremento das doses de fósforo. Conforme será discutido no próximo tópico, esse fato também foi constatado no presente estudo.

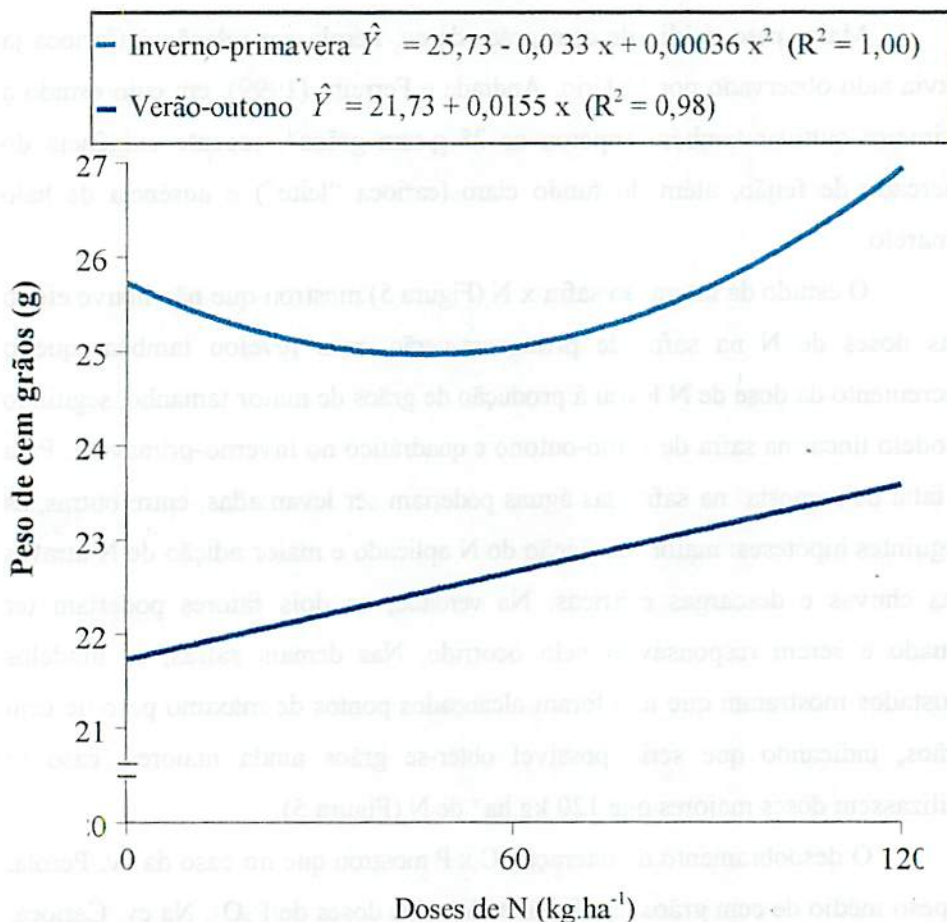
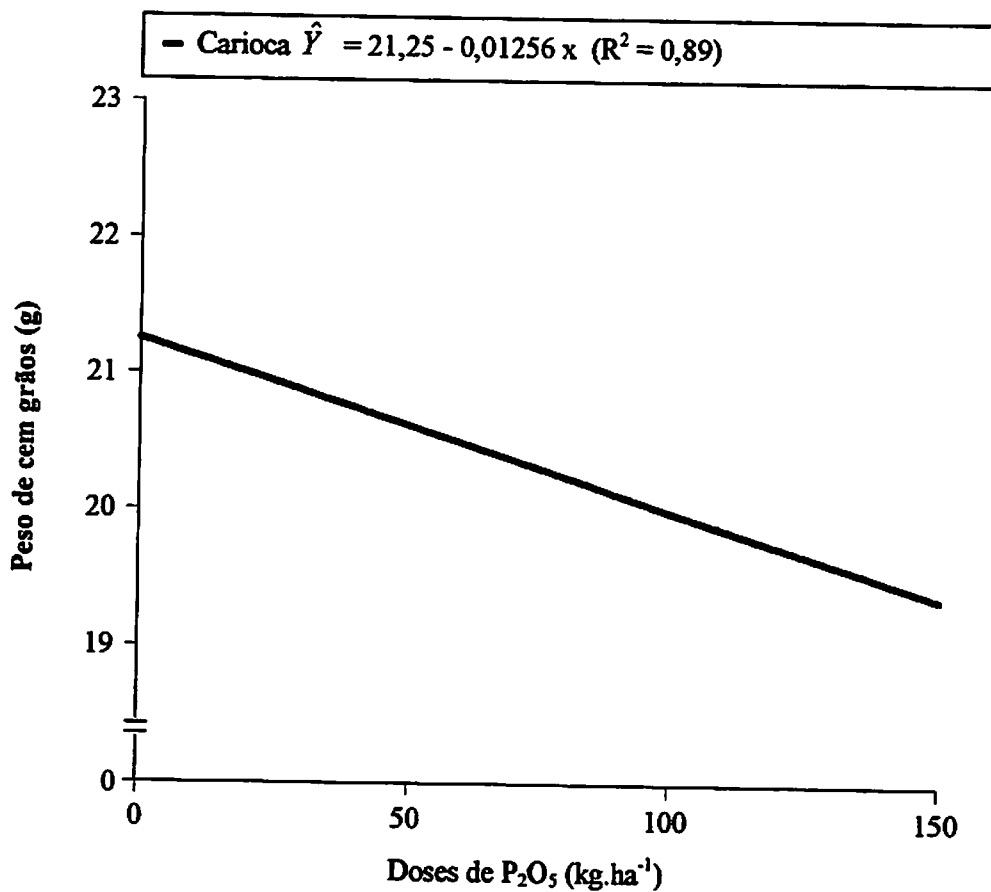


FIGURA 5. Comportamento do peso médio de cem grãos do feijoeiro em duas safras, em função de doses de N. UFLA, Lavras - MG, 1997/98.



**FIGURA 6.** Comportamento do peso médio de cem grãos de feijoeiro cv. Carioca em função de doses de  $P_2O_5$ . UFLA, Lavras - MG, 1997/98.

### 3.5 Número de vagens por planta

Houve efeito significativo das fontes de variação safras (S), cultivares (C), fósforo (P) e nitrogênio (N), bem como das interações S x C e S x N (Tabela 2).

As cultivares Carioca e Pérola apresentaram números similares de vagens por planta nas safras de primavera-verão e verão-outono, mas no inverno-primavera a cv. Carioca suplantou a Pérola (Tabela 7).

As diferentes safras não interferiram na produção de vagens da cv. Pérola, a qual produziu número semelhante de vagens nas safras de inverno-primavera (7,6 vagens/planta), primavera-verão (7,9 vagens/planta) e verão-outono (8,3 vagens/planta). Por outro lado, no caso da cv. Carioca, a safra de inverno-primavera foi superior às demais quanto àquela característica (Tabela 7). Em se tratando de cultivar com hábito de crescimento do tipo III (EMBRAPA, 1998), mais ramador, ela deve ter respondido à melhoria do ambiente nesta safra produzindo maior número de ramos e, conseqüentemente, maior número de vagens. Este último resultado é coincidente com o de outros trabalhos, nos quais esta safra foi responsável pelo maior número de vagens por planta e, como conseqüência, pelo maior rendimento de grãos (Andrade et al., 1998c; Teixeira et al., 2000).

Em todas as situações, as doses crescentes de N aumentaram linearmente o número de vagens por planta, mas a intensidade deste efeito foi variável nas diferentes safras. No inverno-primavera, a resposta às doses de N foi mais expressiva, o que pode ser confirmado pela maior inclinação da reta correspondente a esta safra na Figura 7. Deve ser observado, através das equações de regressão desta Figura, que no inverno-primavera o acréscimo de  $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de N representa um incremento de  $7,4 \text{ vagens} \cdot \text{planta}^{-1}$ , contra apenas 1,6 a 3,2 vagens por planta nas demais safras. Certamente, esta maior resposta

está relacionada às melhores condições de clima e de manejo no inverno-primavera, já que na primavera-verão e verão-primavera, respectivamente, excesso de chuvas e déficit hídrico durante a etapa R<sub>3</sub> (enchimento de vagens) limitam o pegamento de flores e vagens (Andrade, Abreu e Ramalho, 1992). Esses resultados também são coerentes com outros obtidos com o feijoeiro e que também demonstraram resposta linear do número de vagens por planta ao aumento das doses de N (Rocha, 1991; Silveira e Damasceno, 1993; Andrade et al., 1998b). Teixeira et al. (2000), por exemplo, encontraram resposta linear até à dose de 150 kg.ha<sup>-1</sup> de N, superior, portanto, à dose máxima empregada no presente estudo.

TABELA 7. Número de vagens por planta de duas cultivares de feijoeiro em três safras. UFLA, Lavras - MG, 1997/98. <sup>(1)</sup>

Safr	Cultivares		Médias
	Pérola	Carioca	
Inv.-Primavera	7,6 B a	10,6 A a	9,1
Prim.-Verão	8,0 A a	7,0 A b	7,5
Verão-Outono	8,4 A a	8,2 A b	8,3
Médias	8,0	8,6	8,3

(1) Médias seguidas por diferentes letras diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam cultivares e minúsculas, safras.

Conforme já mencionado, o aumento da dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> também elevou linearmente o número de vagens por planta (Figura 8), fato já constatado na cultivar Carioca - MG por Andrade et al. (1997), trabalhando com doses de até 90 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Naquele trabalho, este efeito resultou na redução do peso

médio do grão e, pelo visto, o mesmo ocorreu no presente estudo com a cv. Carioca, conforme foi ilustrado na Figura 6.

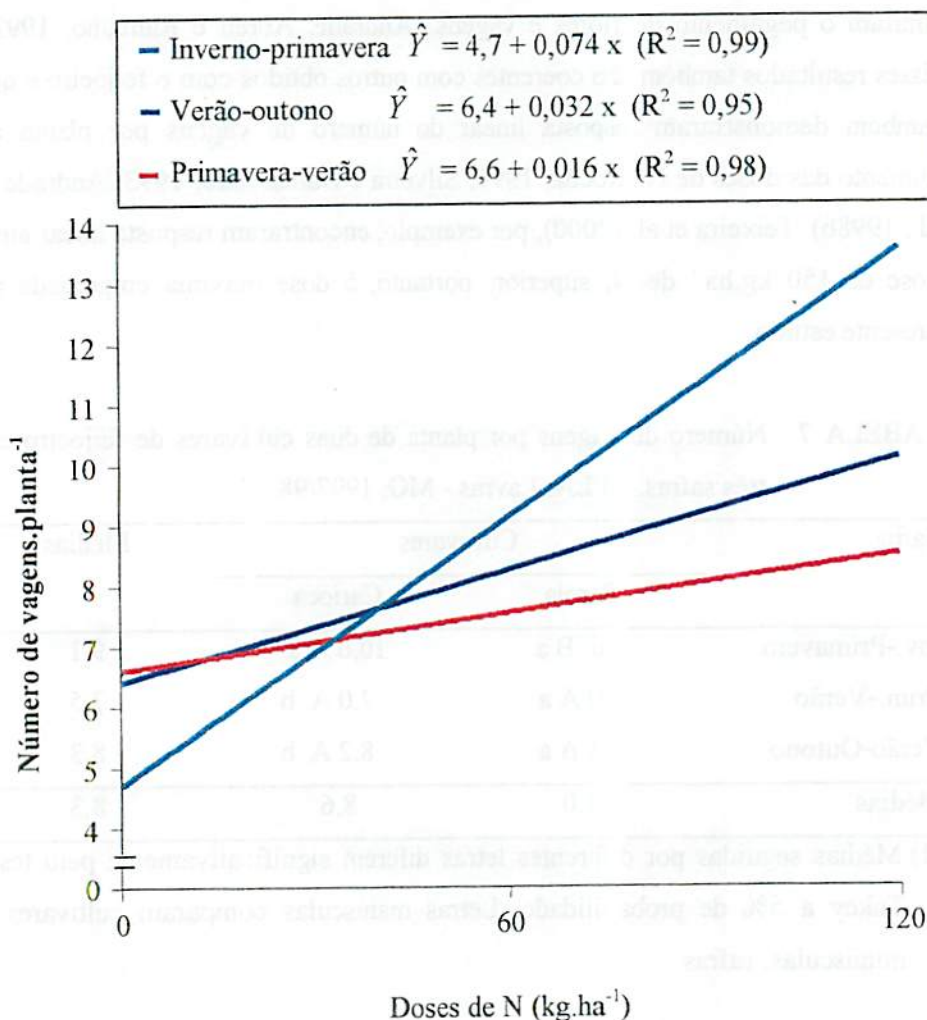


FIGURA 7. Comportamento do número de vagens por planta de feijoeiro em função de doses de N, em três safras consecutivas. UFLA, Lavras - MG, 1997/98.

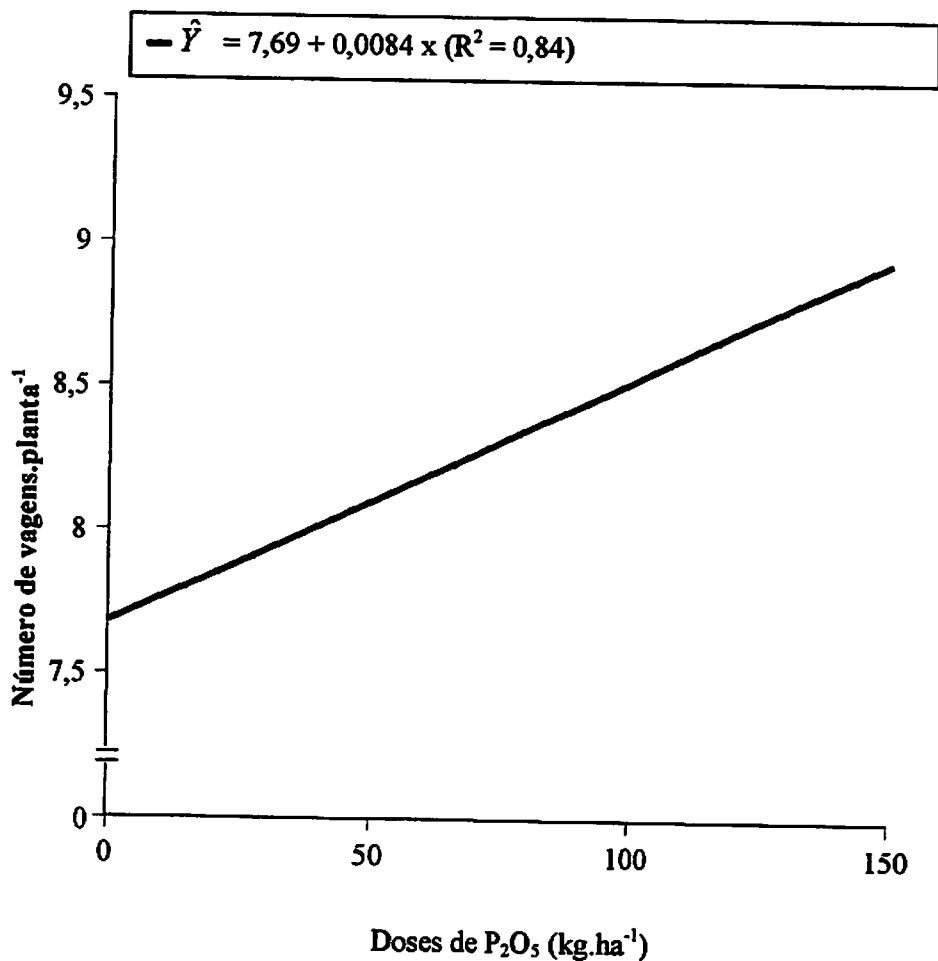


FIGURA 8. Comportamento do número de vagens por planta de feijoeiro, em função de doses de  $P_2O_5$ . UFLA, Lavras - MG, 1997/98.

### 3.6 Rendimento de Grãos

Além dos efeitos significativos de safras (S), cultivares (C), doses de fósforo (P) e doses de nitrogênio (N), também foi detectada significância para as interações S x C, S x N e P x N (Tabela 2).

Verifica-se na Tabela 8 que o rendimento médio de grãos, considerando as três safras estudadas e as duas cultivares, foi de 1470 kg.ha<sup>-1</sup>. A cultivar Pérola apresentou maior produtividade que a Carioca nas duas primeiras safras (inverno-primavera e primavera-verão), confirmando alguns resultados anteriores, como os de Valério, Andrade e Ferreira (1999), os quais também haviam verificado superioridade da 'Pérola' sobre a tradicional 'Carioca'. No inverno-primavera, quando as condições são mais favoráveis para obtenção de boas produtividades, a diferença entre as cultivares foi da ordem de apenas 10%, enquanto na primavera-verão aquela diferença foi de 46%, certamente em função do porte mais prostrado da 'Carioca', além da maior susceptibilidade à ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) e mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*) (EMBRAPA, 1998). Na terceira safra do estudo (verão-outono), as duas cultivares apresentaram rendimentos equivalentes (Tabela 8).

Na safra do inverno-primavera foram obtidos os maiores rendimentos de grãos, com ambas as cultivares. Nessa safra, o rendimento da cv. Pérola foi de 1824 kg.ha<sup>-1</sup> e o da cv. Carioca, 1651 kg.ha<sup>-1</sup>. O rendimento médio de 1738 kg.ha<sup>-1</sup> foi equivalente à produtividade média do Estado de Minas Gerais nessa safra no ano de 1996, que foi de 1845 kg.ha<sup>-1</sup> (Santos e Braga, 1998). No caso da cultivar Pérola, a produtividade nas demais safras (primavera-verão e verão-outono) foi semelhante, da ordem de 1450 kg.ha<sup>-1</sup>. No caso da 'Carioca', a produtividade foi distinta nas três safras, sendo o pior comportamento observado na safra da primavera-verão (Tabela 8). Essa situação da cv. Carioca reflete melhor a realidade do Estado de Minas Gerais, onde em 1996 a produtividade

média foi de 696 kg.ha<sup>-1</sup> na safra de verão-outono e de apenas 522 kg.ha<sup>-1</sup> na safra de primavera-verão (Santos e Braga, 1998).

TABELA 8. Rendimento médio de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>) de duas cultivares de feijoeiro em três safras consecutivas. UFLA, Lavras - MG, 1997/98.<sup>(1)</sup>

Safras	Cultivares		Médias
	Pérola	Carioca	
Inv.-Primavera	1824 A a	1651 B a	1738
Prim.-Verão	1458 A b	998 B c	1228
Verão-Outono	1451 A b	1440 A b	1446
Médias	1578	1363	1470

(1) Médias seguidas por diferentes letras diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam cultivares e minúsculas, safras.

Verifica-se, na Figura 9, que o efeito das doses de nitrogênio sobre o rendimento de grãos foi diferenciado nas três safras. No inverno-primavera, quando o ambiente é favorável ao feijoeiro, a resposta da produtividade às doses crescentes de N foi linear e mais intensa, fato também observado por Teixeira et al. (2000), na mesma localidade, com a cultivar Pérola. Nessa safra, para cada quilograma de N adicionado, espera-se um acréscimo médio de 13,45 kg.ha<sup>-1</sup> de grãos. No verão-outono os dados ajustaram-se melhor a um modelo quadrático com ponto de máximo rendimento (1769 kg.ha<sup>-1</sup>) estimado com a dose de 108,6 kg.ha<sup>-1</sup> de N; essa menor resposta certamente é resultante da limitação de água normalmente imposta à cultura, nessa safra, principalmente no período crítico correspondente ao enchimento do grão. Já na safra de primavera-verão a resposta, apesar de linear, foi de pequena magnitude (da ordem de 3,04 kg.ha<sup>-1</sup>

de grãos para cada quilograma de N aplicado) e deve estar relacionada à maior lixiviação do N ou à maior adição do nutriente via chuva.

É necessário ainda mencionar que esse efeito positivo das doses crescentes de N foi observado mesmo com a redução do estande inicial descrita na Figura 3, sendo provável que os benefícios do aumento da dose de N, como maior número de vagens por planta e maior peso de cem grãos, tenham compensado aquela redução inicial de plantas.

Os possíveis desdobramentos do efeito da interação N x P são apresentados nas Figuras 10 e 11. Na Figura 10, considerando-se o efeito de N em cada dose de P, tem-se um evidente acréscimo de rendimento. Observa-se que a resposta ao acréscimo de N em doses de até  $120 \text{ kg.ha}^{-1}$  foi linear na presença de quaisquer doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , inclusive na dose zero (ausência de adubação fosfatada), sugerindo-se que, talvez, doses maiores que  $120 \text{ kg.ha}^{-1}$  possam conduzir a maiores rendimentos. Percebe-se ainda na Figura 10 que a intensidade da resposta ao N foi maior na presença das maiores doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , demonstrando que maiores adubações fosfatadas requerem maior adição de N e resultam em maior resposta à adubação. Isto pode ser verificado pelos coeficientes de regressão das equações referentes às doses de 100 e  $150 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , que apresentam estimativas de 9,39 e  $10,09 \text{ kg.ha}^{-1}$  de grãos por quilograma de N adicionado, contra 4,37 e  $6,47 \text{ kg.ha}^{-1}$  de grãos por quilograma de N nos casos de 0 e  $50 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Na Figura 11 observa-se que a resposta do rendimento às doses crescentes de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , apesar de também lineares foi de menor magnitude que as devidas ao N (Figura 10), como pode ser visto pelas estimativas dos coeficientes de regressão, as quais refletem acréscimos de 4,31 e  $2,24 \text{ kg.ha}^{-1}$  de grãos para cada quilograma de  $\text{P}_2\text{O}_5$  adicionada via adubação, respectivamente, na presença das doses de 120 e  $60 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N. Deve ser lembrado que para o N havia

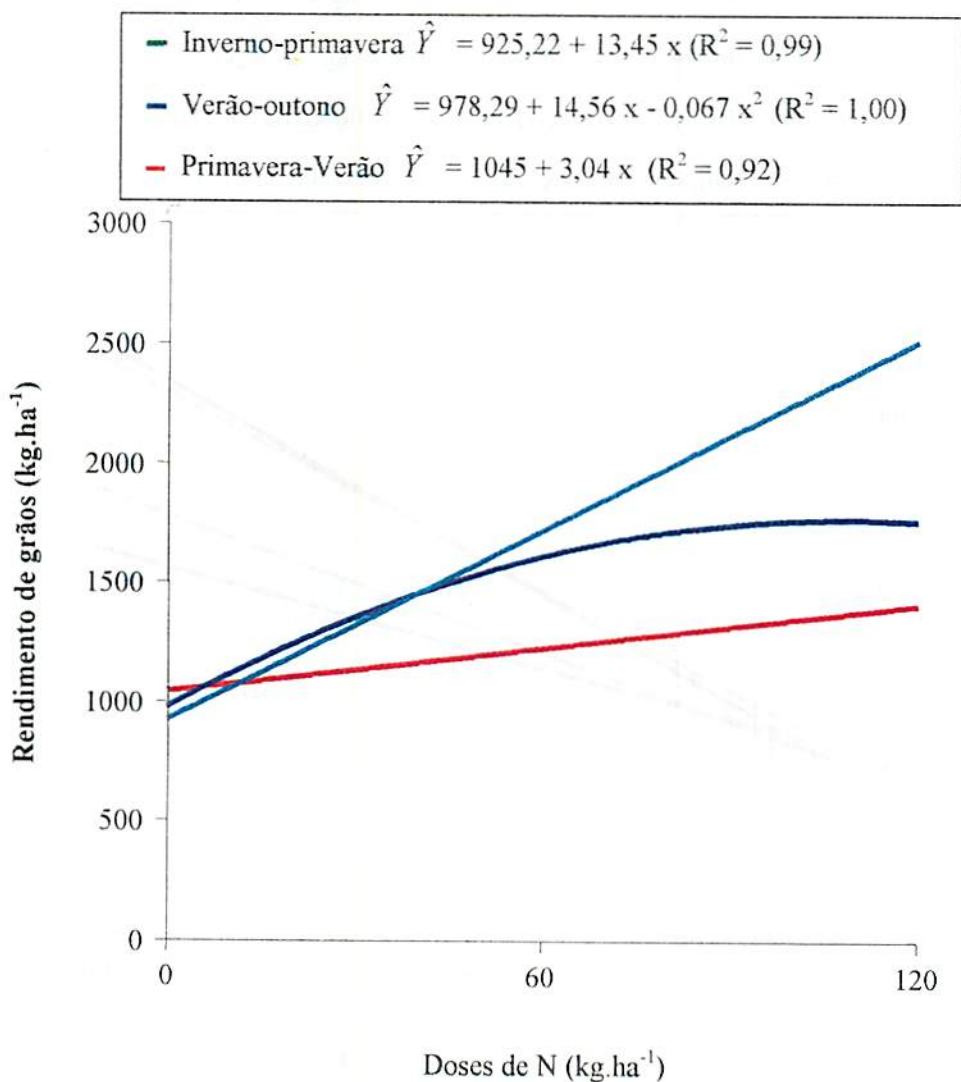


FIGURA 9. Rendimento de grãos do feijoeiro em função de doses de nitrogênio em três safras consecutivas. UFLA, Lavras, 1997/98.

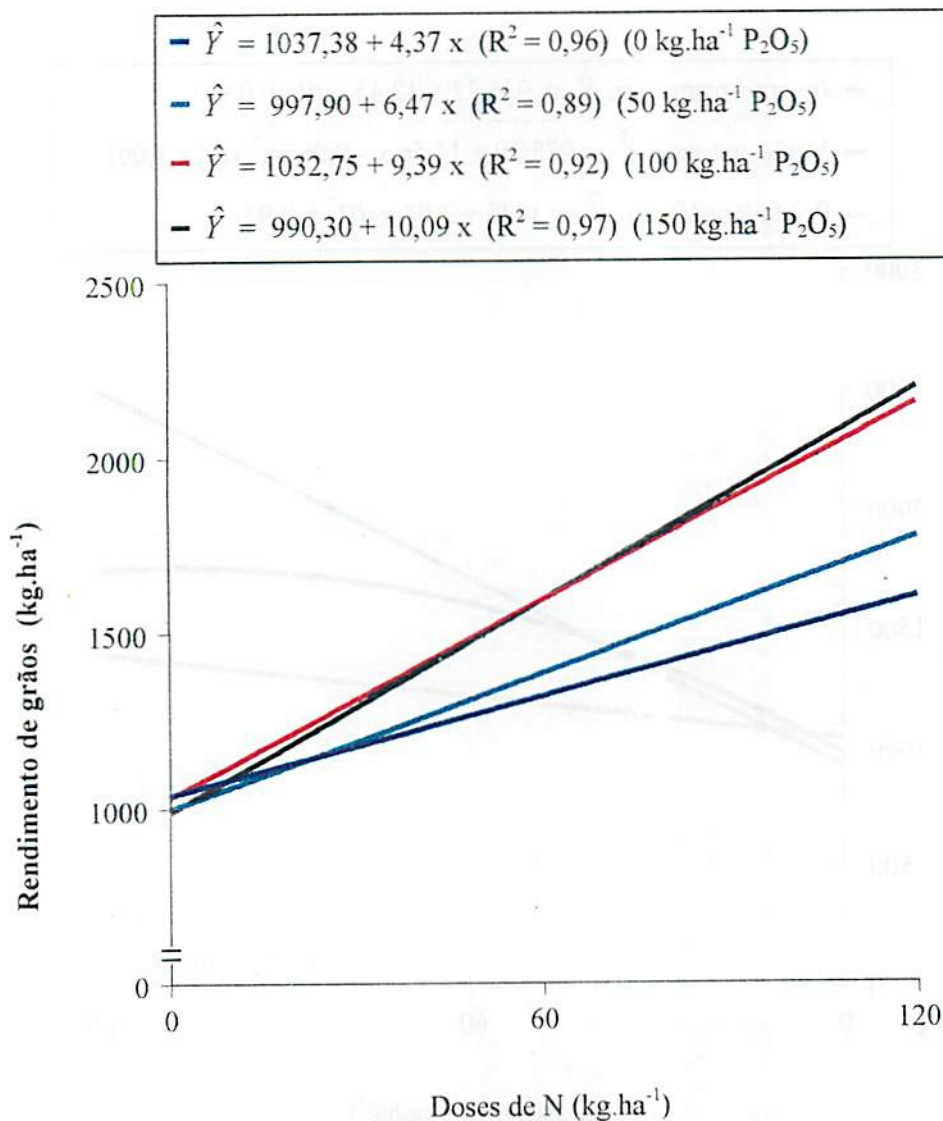


FIGURA 10. Rendimento de grãos do feijoeiro em função de doses de nitrogênio, na presença de diferentes doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . UFLA, Lavras – MG, 1997/98.

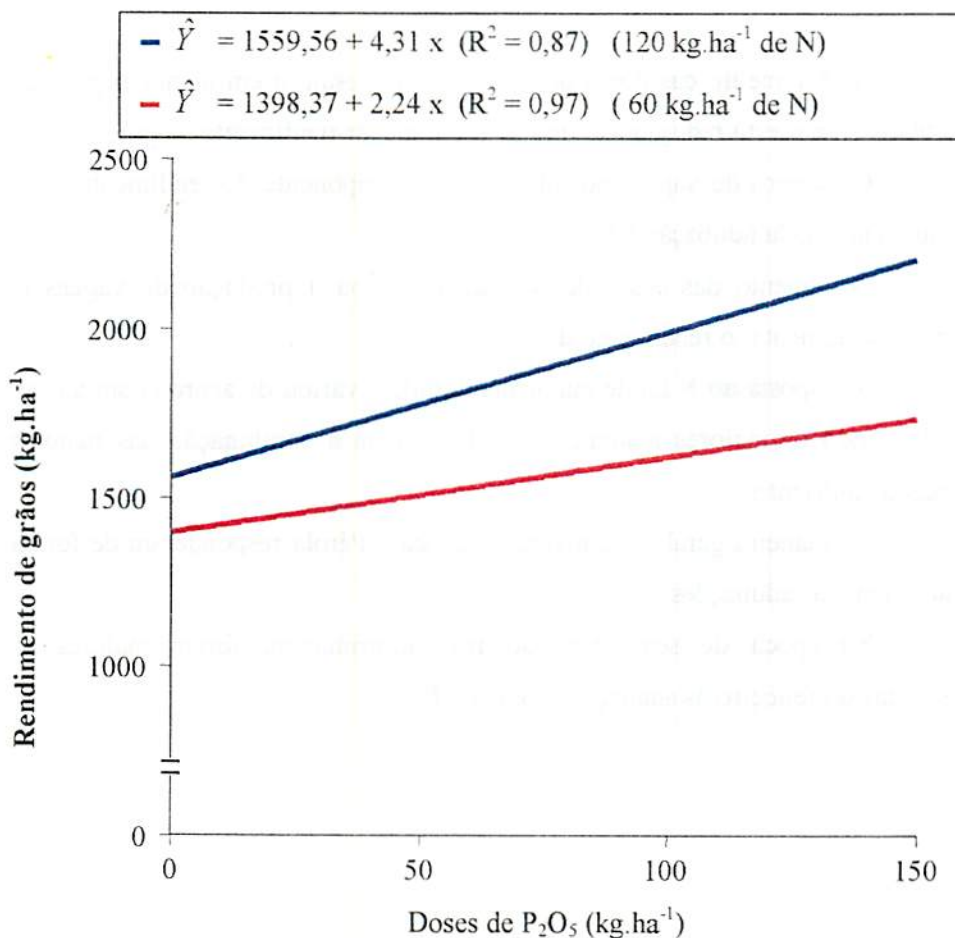


FIGURA 11. Rendimento de grãos do feijoeiro em função de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na presença de diferentes doses de N. UFLA, Lavras – MG, 1997/98.

estimativas de até 13,45 kg.ha<sup>-1</sup> de grãos por quilograma de N. Observa-se ainda que não houve resposta ao P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na ausência da adubação nitrogenada e que a resposta ao P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> também cresceu com o incremento das doses de N, confirmando a grande interdependência das recomendações dos dois macronutrientes.

#### 4 CONCLUSÕES

O incremento das doses de N no plantio resultou em menor população de plantas, mas esta redução não implicou em menor rendimento de grãos.

O número de vagens por planta foi o componente do rendimento mais influenciado pela adubação NP.

O aumento das doses de N e de P elevou a produção de vagens e, conseqüentemente, o rendimento de grãos.

A resposta ao N foi de maior magnitude e variou de acordo com a dose de P, sendo os maiores rendimentos obtidos com a combinação das maiores doses de nutrientes.

De maneira geral, as cultivares Carioca e Pérola responderam de forma equivalente às adubações.

Na época de semeadura do inverno-primavera foram maiores as respostas do feijoeiro às adubações com N e P.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, MA.P.; SANTOS, J.B. dos; MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro: nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.1, p.105-112, jan. 1994.
- ANDRADE, M.J.B. de; ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P. **Recomendação para a cultura do feijoeiro em Minas Gerais.** Lavras: ESAL, 1992. 12p. (Circular, 06)
- ANDRADE, M.J.B. de; ALVARENGA, P.E.; CARVALHO, J.G; SILVA, R.; NAVES, R.L. Influência do nitrogênio, rizóbio e molibdênio sobre o crescimento, nodulação radicular e teores de nutrientes no feijoeiro. *Revista Ceres*, Viçosa, v.45, n.257, p.65-79, jan./fev. 1998a.
- ANDRADE, M.J.B.; DINIZ, A.R.; CARVALHO, J.G.; LIMA, S.F. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.22, n.4, p.499-508, out./dez. 1998b.
- ANDRADE, M.J.B. de; KIKUTI, H.; ANDRADE, L.A. de B; REZENDE, P.M. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação foliar fosfatada em solos com baixo teor de fósforo disponível. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.21, n.2, p.174-181, abr./jun. 1997.
- ANDRADE, M.J.B. de; KIKUTI, H.; REZENDE, P.M.; ANDRADE, L.A. de B. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação foliar fosfatada em solos com teores médio e alto de fósforo disponível. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.22, n.2, p.188-193, abr./jun. 1998c.
- ANDRADE, M.J.B.; RAMALHO, M.A.P. Cultura do feijoeiro. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Curso de atualização técnica dos engenheiros agrônomos do Banco do Brasil, módulo sudeste.** Sete Lagoas, 1995. 97p. (Mimeografado)
- ARAÚJO, G.A. de A. Preparo do solo e plantio. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas.** Viçosa: UFV, 1998. Cap.5, p.99-122.

- ARAÚJO, G.A. de A.; VIEIRA, C.; MIRANDA, G.V. Efeito da época de aplicação do adubo nitrogenado em cobertura sobre o rendimento do feijão, no período de outono-inverno. *Revista Ceres*, Viçosa, v.14, n.236, p.442-450, jul./ago. 1994.
- ARAYA, R.; VIEIRA, C.; MONTEIRO, A.A.T.; CARDOSO, A.A.; BRUNE, W. Adubação nitrogenada da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, v.28, n.156, p.134-149, mar./abr. 1981.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. *Experimentação agrícola*. 3.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.
- BOLSANELLO, J.; VIEIRA, C.; SEDIYAMA, C.S.; VIEIRA, H.A. Ensaio de adubação nitrogenada e fosfatada da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), na Zona Metalúrgica de Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, v.22, n.124, p.423-430, nov./dez. 1975.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. *Normais climatológicas* (Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro). Brasília: MARA, 1992. 84p.
- CARDOSO, A.A.; FONTES, L.A.N.; VIEIRA, C. Efeito de fontes e doses de adubo nitrogenado sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, Viçosa, v.25, n.139, p.292-295, maio/jun. 1978.
- CASSINI, S.T.A.; FRANCO, M.C. Fixação biológica de nitrogênio. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T.J. de; BORÉM, A. (ed.) *Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas*. Viçosa: UFV, 1998. p.153-180.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes, em Minas Gerais: 4ª aproximação*. Lavras, 1989. 176p.
- DELAZARI, P.C. Rendimento econômico de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da aplicação de nitrogênio e fósforo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.5, n.1, p.46-50, jan./abr. 1981.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão. *Informativo Anual das Comissões Técnicas Regionais de Feijão: cultivares de feijão recomendadas para plantio no ano agrícola 1998/99*. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1998. 29p.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. documento, 1)
- FEITOSA, C.T.; RONZELLI JR., P.; ALMEIDA, L.A. de; VEIGA, A.A.; HIROCE, R.; JORGE, J.P.N. Adubação NP para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na presença e na ausência de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, n.3, p.156-159, set./dez. 1980.
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, SP. **Programa e Resumo...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.235.
- FONTES, L.A.N.; BRAGA, L.J.; GOMES, F.R. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de calcário, adubo nitrogenado e fosfatado, em municípios da Zona da Mata, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.27, n.150, p.134-144, mar./abr. 1980.
- FREIRE, J.C. Condutividade hidráulica e capacidade de campo de latossolo roxo distrófico não saturado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.3, n.2, p.73-77, maio/ago. 1979.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1990. 460p.
- JUNQUEIRA NETTO, A. **Resposta diferencial de variedades de feijão à adubação nitrogenada e fosfatada.** Viçosa: UFV, 1977. 99p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia)
- OLIVEIRA, I.P. de; ARAUJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (coord.) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.169-222.
- OLIVEIRA, I.P.; THUNG, M.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; CARVALHO, J.R.P. de Avaliação de cultivares de feijão quanto à eficiência no uso de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, Brasília, v.22, n.1, p.39-45, jan. 1987.

- RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (eds)  
**Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais:**  
5ª aproximação. Viçosa, 1999. 359p.
- ROCHA, J.A.M. **Produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em populações variáveis quanto ao número e ao arranjo de planta.** Piracicaba: ESALQ, 1991. 48p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- RONZELLI JÚNIOR, P.; VIEIRA, C.; BRAGA, J.M.; SEDIYAMA, C.S.  
Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à calagem e adubação fosfatada. *Revista Ceres*, Viçosa, v.32, n.184, p.500-524, nov./dez. 1985.
- ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (coord.) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.353-416.
- ROSOLEM, C.A. **Nutrição e adubação do feijoeiro.** Piracicaba: POTAFOS, 1987. 93p. (POTAFOS. Circular Técnica, 8)
- SANTOS, M.L. dos; BRAGA, M.J. Aspectos econômicos In. VIEIRA, C.; PAULA JR., T.J. de; BOREM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais.** Viçosa: UFV, 1998. cap.2, p.19-53.
- SILVA, A.J. **Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada.** Lavras: ESAL, 1988. 85p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)
- SILVEIRA, P.M. da; DAMASCENO, M.A. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.28, n.11, p.1269-1276, nov. 1993.
- TEIXEIRA, I.R.; ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, J. G.; MORAIS, A. R.; CORRÊA, J.B.D. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.24, n.2, p.399-408, abr./jun. 2000.
- URBEN FILHO, G.; CARDOSO, A.A.; VIEIRA, C.; FONTES, L.A.N.; THIÉBAUT, J.T.L. Doses e modos de aplicação do adubo nitrogenado na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) *Revista Ceres*, Viçosa, v.27, n.151, p.302-312, maio/jun. 1980.

VALÉRIO, C.R.; ANDRADE, M.J.B.; FERREIRA, D.F. Comportamento das cultivares de feijão Aporé, Carioca e Pérola em diferentes populações de plantas e espaçamento entre linhas. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.23, n.3, p.515-528, jul/set. 1999.

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JR, T.J. DE; BOREM, A. (ed.) *Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas*. Viçosa: UFV, 1998. p.123-152.

VIEIRA, C.; VIEIRA, R.F. Época de plantio de feijão e proposta de nomenclatura para designá-las. *Revista Ceres*, Viçosa, v.42, n.244, p.685-688, nov./dez. 1995.

VON PINHO, R.G.; RAMALHO, M.A.P.; FRAGA, A.C.; SANTOS, J.B. Tolerância do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) a baixas temperaturas na fase de germinação e emergência. *Ciência e Prática*, Lavras - MG, v.15, n.4, p.412-419, 1991.

## CAPÍTULO 3

### RESUMO

**RODRIGUES, João Roberto de Mello. Teores foliares de macro e micronutrientes do feijoeiro (cvs. Carioca e Pérola) em função de doses de nitrogênio e fósforo.**

Com o objetivo de estudar o efeito de doses crescentes de N e  $P_2O_5$  sobre os teores foliares de macro e micronutrientes de duas cultivares de feijoeiro, foi conduzido um ensaio de campo (primavera-verão 97/98) em Latossolo Roxo distrófico da área experimental do Departamento de Agricultura da UFLA, em Lavras-MG, Brasil. Empregou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições e esquema fatorial  $2 \times 4 \times 3$  envolvendo duas cultivares (Carioca e Pérola), quatro doses de fósforo (0, 50, 100, 150  $kg \cdot ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ , fonte superfosfato triplo) e três doses de N (0, 60 e 120  $kg \cdot ha^{-1}$  de N, fonte uréia, fracionando-se 2/3 na semeadura e 1/3 em cobertura no início da etapa  $V_4$  do ciclo do feijoeiro). Por ocasião do pleno florescimento, foram retiradas amostras de 20 folhas por parcela para a determinação dos teores foliares de macro e micronutrientes, seguindo-se a metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo os efeitos das doses de N e  $P_2O_5$  estudados mediante análise de regressão. Os resultados mostraram que os teores de macro e micronutrientes situaram-se dentro da faixa considerada adequada, mesmo com a utilização das maiores doses de N e  $P_2O_5$ . O incremento de N na adubação até à dose de 120  $kg \cdot ha^{-1}$  de N elevou linearmente os teores foliares de Mn e Zn e reduziu os teores de Fe. As doses de  $P_2O_5$  afetaram significativamente apenas os teores de K, mas esse efeito não se mostrou consistente, ajustando-se a um modelo cúbico. As cultivares Carioca e Pérola apresentaram equivalentes teores foliares de macro e micronutrientes, exceto em relação ao Ca e Zn, cujos valores indicaram maiores teores na cv. Carioca.

## ABSTRACT

**RODRIGUES, João Roberto de Mello. Leaf macro and micronutrients contents of two common beans cultivars submitted to nitrogen and phosphorus doses.**

Aiming to study the effect of increasing doses of N and  $P_2O_5$  on the leaf content of macro and micronutrients of two bean cultivars, a field test was carried out (spring-summer 97/98) in a Dusky Red Latossol at the experimental area of the Agronomy Department, Lavras Agricultural University (UFLA). The experimental design was randomized blocks with three replications, and a  $2 \times 4 \times 3$  factorial arrangement involving two cultivars (Carioca e Pérola), four doses of phosphorus (0, 50, 100, 150  $kg \cdot ha^{-1}$  of  $P_2O_5$ , triple superphosphate) and three doses of N (0, 60, and 120  $kg \cdot ha^{-1}$  of N, as urea, fractioning 2/3 at the sowing time and 1/3 as covering in the beginning of the V4 stage). At blooming stage, 20 leaves per plot were sampled to determine the leaf contents of macro and micronutrients, following methodology by Malavolta, Vitti and Oliveira (1977). The data were submitted to analysis of variance, and the effects of the N and  $P_2O_5$  doses were studied by regression analysis. The results showed that the macro and micronutrients contents were into the adequate patterns, even using higher doses of N and  $P_2O_5$ . Raising N in the fertilization to 120  $kg \cdot ha^{-1}$ , linearly increased the leaf contents of Mn and Zn and reduced the Fe. The  $P_2O_5$  doses significantly affected only the K contents, but this effect did not show consistency, adjusting itself to a cubic model. The Carioca and Pérola cultivars presented similar leaf contents of macro and micronutrients, except for Ca and Zn, which indicated higher values in the cv. Carioca.

## 1 INTRODUÇÃO

Assim como as demais culturas, o feijoeiro necessita de uma nutrição balanceada para expressar o seu potencial produtivo. Em solos de baixa fertilidade a cultura não adubada raramente atinge 10% do seu potencial produtivo, enquanto as adubações tradicionais constituídas de N-P-K + calagem têm permitido à cultura do feijoeiro expressar 80% daquele potencial (Oliveira, Araújo e Dutra, 1996).

Em adição às adubações tradicionais, que são realizadas no momento do plantio, via solo, lavouras irrigadas de alta produtividade exigem aplicações complementares de fertilizantes, o que pode ser efetuado através da água de irrigação ou, em alguns casos, via foliar.

A principal referência para a adubação tradicional de plantio é a análise de solo, mas para a adubação complementar surgem duas outras ferramentas: a diagnose visual e a diagnose foliar. A primeira, embora possa fornecer informações expeditas sobre a existência de deficiências ou toxidez de nutrientes, é extremamente dependente da experiência do técnico e tem caráter apenas qualitativo. A diagnose foliar, baseada nos teores de macro e micronutrientes nas folhas, apesar de algumas limitações tais como a época tardia de amostragem (R6, ou seja, no florescimento), pode ser mais eficiente.

Os macro e micronutrientes constituem cerca de 5% do peso seco das plantas. No tecido foliar, define-se como nível crítico interno a faixa de concentração do nutriente abaixo da qual a planta sofre carência nutricional e acima da qual podem ocorrer rendimentos economicamente inviáveis ou toxicidade (Oliveira, Araújo e Dutra, 1996).

São considerados como níveis críticos internos para o desenvolvimento do feijoeiro concentrações foliares que variam de 2,80 a 6,0% de N; 0,25 a 0,50% de P; 1,80 a 5% de K; 0,80 a 3,00% de Ca e de 0,25 a 0,70% de Mg e S.

Os níveis críticos internos dos micronutrientes encontram-se na faixa de 100 a 450 ppm de Fe, 20 a 100 ppm de Zn, 30 a 300 ppm de Mn, 30 a 60 ppm de B e de 10 a 20 ppm de Cu (Wilcox e Fageria, 1976). Quando as análises foliares revelam concentrações inferiores aos níveis críticos a cultura necessita de adição do(s) nutriente(s) deficiente(s) para completar o ciclo em condições nutricionais adequadas.

O crescimento e o conseqüente estado nutricional das plantas são afetados, dentre outros fatores, pelo manejo da cultura, principalmente pelas adubações realizadas. O objetivo do presente trabalho foi estudar, em duas cultivares, os efeitos da aplicação de doses crescentes de N e  $P_2O_5$  sobre os teores foliares de macro e micronutrientes na cultura do feijoeiro, verificando, principalmente, o comportamento desses teores na presença de doses elevadas dos dois macronutrientes primários.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido na safra de primavera-verão 1997/98 (Vieira e Vieira, 1995), no Campo experimental do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Lavras situa-se na região sul de Minas Gerais, a 21°14' de latitude sul e 45°00' de longitude oeste, a uma altitude média de 910m acima do nível do mar (Brasil, 1992).

O clima da região é caracterizado, segundo Köppen, como temperado úmido, com verões quentes e invernos secos. A temperatura média anual é de 19,4°C, a precipitação anual alcança 1534 mm e a umidade relativa do ar média anual é de 76,2% (Brasil, 1992).

O solo da área experimental, conforme classificação de Freire (1979), é um Latossolo Roxo distrófico de textura argilosa, originalmente sob cerrado. Resultados da análise química de amostra de solo, coletada à profundidade de 0-20 cm na área utilizada, são apresentados na Tabela 1.

Observa-se que o feijoeiro foi cultivado em solo com baixo teor de fósforo, alto teor de potássio, médio teor de matéria orgânica e média saturação por bases. A acidez do solo foi classificada como elevada (Tabela 1).

O delineamento estatístico empregado foi o de blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 2x4x3, envolvendo duas cultivares, quatro doses de fósforo e três doses de nitrogênio.

As cultivares, ambas do tipo comercial carioca, foram a "Carioca" e a "Pérola". A Carioca foi selecionada em lavoura comercial de São Paulo e recomendada pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) há mais de duas décadas; possui hábito de crescimento do tipo III (indeterminado prostrado), ciclo normal e resistência ao mosaico-comum. A Pérola, originalmente linhagem LR 720982 CPL 53, foi lançada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em 1994 e possui hábito II/III (semi-ereto a

prostrado), ciclo normal e resistência ao mosaico-comum, ferrugem e mancha angular (EMBRAPA, 1998).

TABELA 1. Resultados das análises químicas de amostra (0-20 cm profundidade) do solo utilizado. UFLA, Lavras - MG, 1997/98<sup>(1)</sup>.

Características <sup>(2)</sup>	Valores
	Primavera-verão
pH em água	4,8 AcE
P (mg.dm <sup>-3</sup> )	6,0 B
K (mg.dm <sup>-3</sup> )	70,0 A
Ca (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	3,0 M
Mg (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	1,0 M
Al (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,0 B
H+Al (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	3,2 M
S (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	4,2 M
t (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	4,2 M
T (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	7,4 M
m (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,0 B
V (%)	57 M
M.O (dag.kg <sup>-1</sup> )	2,3 M

(1) Análises realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciências do Solo (DCS) da UFLA, segundo metodologia da EMBRAPA (1997). AcM = acidez média, AcE = acidez elevada, B = teor baixo, M = teor médio, A = teor alto (Comissão..., 1989).

(2) S = soma de bases, t = CTC efetiva, m = saturação de Al, T = CTC a pH 7,0, V = Saturação de bases.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Macronutrientes

A análise de variância dos dados relativos aos macronutrientes é resumida na Tabela 2, onde pode ser observado que houve efeito significativo de doses de nitrogênio sobre o teor de N, de doses de fósforo sobre o teor de K e de cultivares sobre o teor de Ca nas folhas do feijoeiro. A julgar pelos valores do coeficiente de variação (CV %), a precisão experimental foi boa, exceto nos

TABELA 2. Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de macronutrientes nas folhas do feijoeiro, safra primavera-verão. UFLA, Lavras – MG, 1997/98.

FV	GL	OM					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos	2	0,060	0,0030	0,23	0,55	0,009	0,00011
Cultivares (C)	1	0,350	0,0004	0,04	2,68 **	0,004	0,00027
Fósforo (P)	3	0,150	0,0009	0,20 *	0,27	0,004	0,00011
Nitrogênio (N)	2	1,130 **	0,0001	0,06	0,63	0,007	0,00022
C x P	3	0,004	0,0020	0,04	0,14	0,007	0,00006
C x N	2	0,009	0,0002	0,03	0,35	0,008	0,00003
P x N	6	0,050	0,0014	0,01	0,21	0,003	0,00013
C x P x N	6	0,154	0,0017	0,19	0,17	0,001	0,00013
Resíduo	46	0,124	0,0010	0,07	0,22	0,003	0,00009
CV (%)		8,16	10,67	13,27	16,88	18,48	8,03

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

casos dos teores de Ca e de Mg, cujos coeficientes foram superiores aos encontrados por outros autores, como Andrade et al. (1998a).

TABELA 3. Teores médios de macronutrientes nas folhas das cultivares Carioca e Pérola, em função de doses de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, safra primavera-verão. UFLA, Lavras - MG, 1997/98.

Fatores	Teores (dag.kg <sup>-1</sup> )					
	N	P	K	Ca	Mg	S
<b>Cultivares:</b>						
Pérola	4,24	0,30	2,05	2,61 b	0,29	0,12
Carioca	4,38	0,30	2,00	2,99 a	0,27	0,12
<b>N (kg.ha<sup>-1</sup>):</b>						
0	4,08	0,30	1,97	2,62	0,27	0,12
60	4,33	0,30	2,07	2,80	0,29	0,12
120	4,51	0,30	2,04	2,94	0,28	0,12
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg.ha<sup>-1</sup>):</b>						
0	4,39	0,31	2,00	2,65	0,28	0,12
50	4,23	0,31	1,91	2,77	0,27	0,12
100	4,38	0,30	2,16	2,93	0,30	0,12
150	4,23	0,29	2,05	2,87	0,29	0,12
<b>Médias</b>	<b>4,31</b>	<b>0,30</b>	<b>2,03</b>	<b>2,80</b>	<b>0,28</b>	<b>0,12</b>

Os teores médios dos macronutrientes encontrados nas folhas das cultivares Carioca e Pérola, em função das doses de fósforo e nitrogênio, são apresentados na Tabela 3. Comparados aos valores propostos por Wilcox e Fageria (1976), os teores médios observados no experimento indicam níveis adequados para os macronutrientes, exceto S, que se apresentou com baixo teor (abaixo de 0,25%). Pelo critério de Malavolta (1992), o Ca também estaria fora da faixa adequada (1,50 a 2,00 %), caracterizando teor elevado.

As cultivares Carioca e Pérola apresentaram teores de nutrientes que não diferiram significativamente, exceto no que diz respeito ao Ca. Com relação a este macronutriente, a cultivar Carioca apresentou maiores teores (Tabela 3), o que pode significar que esta cultivar tenha apresentado maior eficiência na absorção e/ou transporte de Ca das raízes para a parte aérea.

Embora a adição de doses crescentes de nitrogênio não tenha influenciado os teores dos demais nutrientes nas folhas do feijoeiro, ela elevou linearmente a concentração de N (Figura 1). De acordo com a Figura 1, espera-se um aumento médio de 0,004% de N nas folhas com a adição de um quilograma de N na adubação. Essa resposta linear já havia sido encontrado por vários autores, como Andrade et al. (1998a), e certamente está associado à grande mobilidade do nutriente na planta (Epstein, 1972). Diniz (1995), entretanto, verificou que o aumento da dose de N na adubação elevou a produção de matéria seca, o que teria mantido teores semelhantes de nutriente nas folhas devido a um possível efeito de diluição.

De modo diferente, o acréscimo de  $P_2O_5$  na adubação não resultou em maior teor de fósforo, como também determinaram Andrade et al. (1998b), e pareceu afetar apenas o teor de potássio nas folhas do feijoeiro. Esse efeito, entretanto, foi de pequena magnitude e difícil de ser explicado biologicamente, já que a análise de regressão apontou significância de modelo cúbico (Figura 2), sem caracterizar tendência clara de aumento ou diminuição.

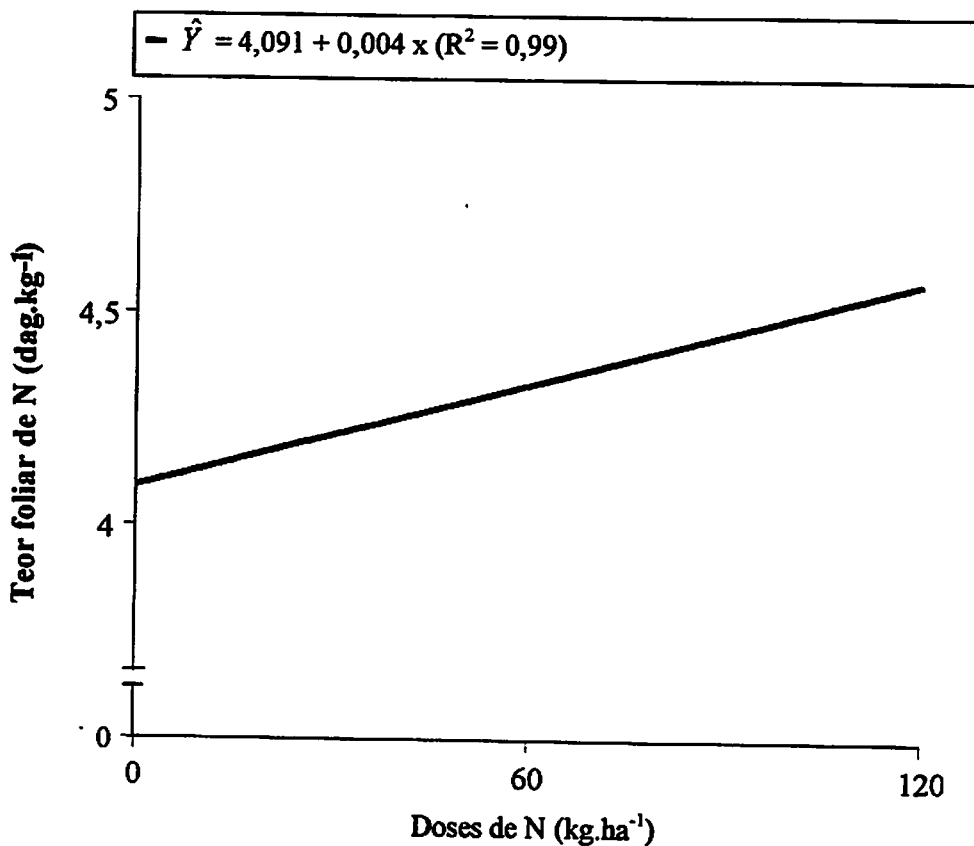


FIGURA 1. Comportamento do teor de N nas folhas do feijoeiro em função de doses de nitrogênio. Safra de primavera-verão. UFLA, Lavras – MG, 1997/98.

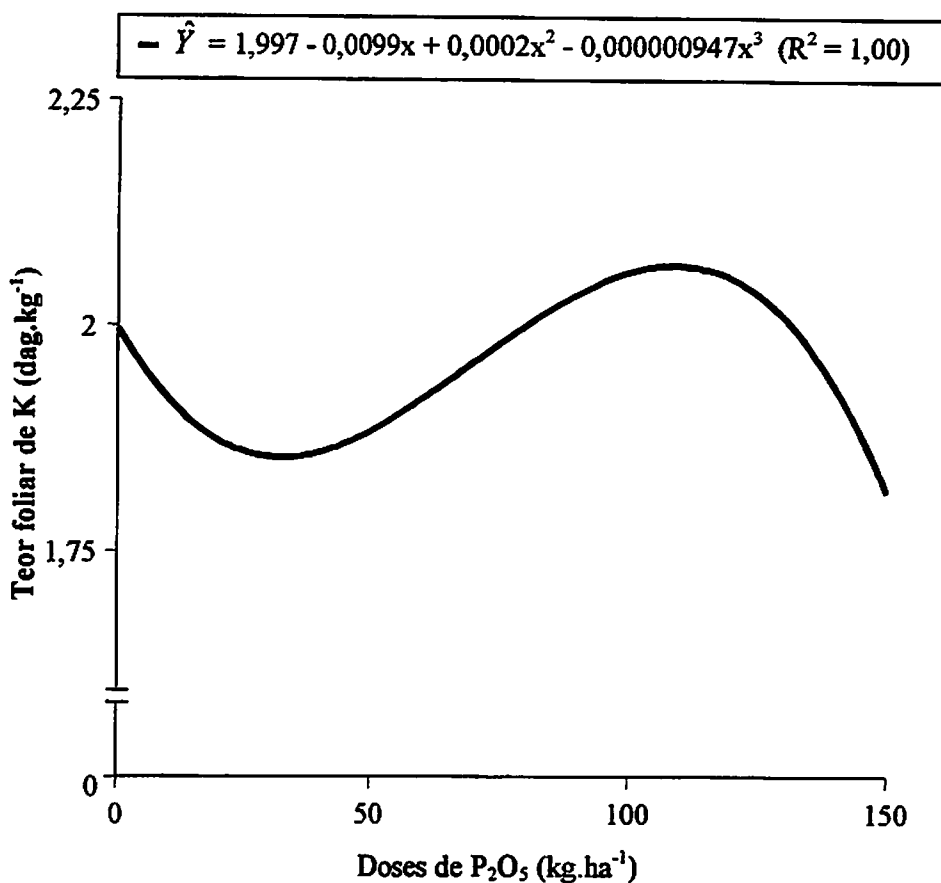


FIGURA 2. Comportamento do teor de K nas folhas do feijoeiro em função de doses de fósforo no plantio. Safra de primavera-verão. UFLA, Lavras – MG, 1997/98.

### 3.2 Micronutrientes

Um resumo da análise de variância dos dados relativos aos micronutrientes é apresentado na Tabela 4. Verifica-se, neste caso, que foi baixa a precisão experimental alcançada, exceto no caso do Zn, cujo coeficiente de

variação pode ser considerado adequado. Para os demais micronutrientes, apesar da alta frequência de valores elevados do CV na literatura, alguns trabalhos têm conseguido maior precisão, como o de Andrade et al. (1998a). Houve efeito significativo de cultivares sobre o teor de Zn nas folhas e as doses de N influenciaram os teores de Mn, Zn e Fe. Os efeitos das doses de P, bem como das diferentes interações estudadas, não foram significativos (Tabela 4).

TABELA 4. Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de alguns micronutrientes nas folhas do feijoeiro, safra primavera-verão. UFLA, Lavras - MG, 1997/98.

FV	GL	QM				
		B	Cu	Mn	Zn	Fe
Blocos	2	945,80	87,08	192,64	47,64	10101,18
Cultivares (C)	1	3,64	8,29	990,72	562,41*	64199,01
Fósforo (P)	3	60,07	84,44	10,87	25,57	44382,18
Nitrogênio (N)	2	24,31	19,71	3313,81*	214,14*	118246,92*
C x P	3	33,95	59,21	67,01	12,80	1767,98
C x N	2	13,59	15,44	890,34	16,84	630,64
P x N	6	20,62	34,65	88,58	43,74	20569,80
C x P x N	6	14,62	39,88	427,45	37,71	30437,68
Resíduo	46	60,20	46,58	324,22	30,89	16284,52
CV (%)		23,59	40,68	30,30	14,09	39,01

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F

Os teores médios dos micronutrientes encontrados nas folhas do feijoeiro (Tabela 5) podem ser considerados adequados, de acordo com Malavolta (1992) e Wilcox e Fageria (1976).

TABELA 5. Teores médios de alguns micronutrientes nas folhas das cultivares Carioca e Pérola, em função de doses de N e de P, safra primavera-verão. UFLA, Lavras - MG, 1997/98.

Fatores	Teores (mg.kg <sup>-1</sup> )				
	B	Cu	Mn	Zn	Fe
<b>Cultivares:</b>					
Pérola	33,12	17,12	63,13	36,63 b	357
Carioca	32,67	16,44	55,71	42,22 a	296
<b>N (kg.ha<sup>-1</sup>):</b>					
0	32,56	16,33	52,17	36,08	408
60	32,09	16,18	53,12	40,36	292
120	34,02	17,82	73,00	41,83	281
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg.ha<sup>-1</sup>):</b>					
0	33,61	15,98	60,43	40,20	359
50	31,63	15,34	59,09	38,57	375
100	35,13	15,78	58,60	40,67	266
150	31,19	20,00	59,57	38,25	308
<b>Médias</b>	<b>32,89</b>	<b>16,78</b>	<b>59,42</b>	<b>39,42</b>	<b>327</b>

Da mesma forma verificada para o Ca, a cv. Carioca mostrou-se mais eficiente que a Pérola também na absorção de Zn, revelando teor adequado do micronutriente nas folhas (Tabela 5). Conforme já discutido no caso do Ca, é possível que o maior teor desse nutriente possa ter sido resultante de maior eficiência na absorção e/ou transporte das raízes para a parte aérea das plantas.

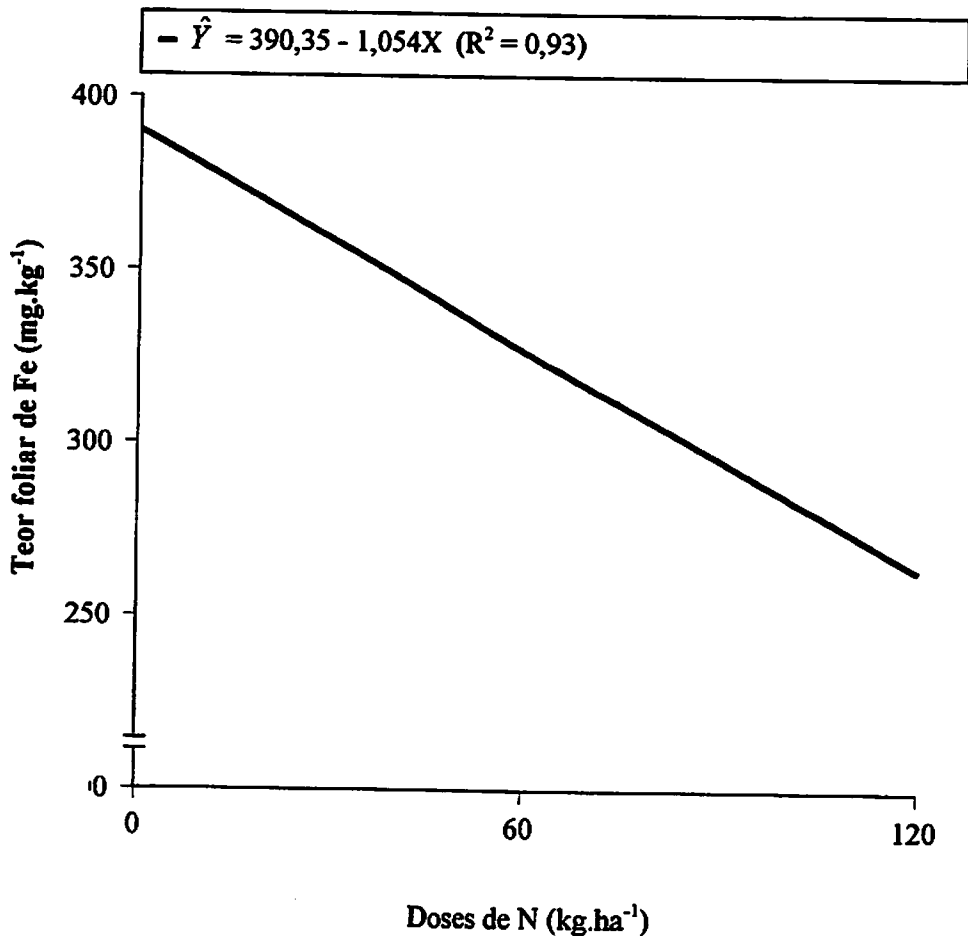


FIGURA 3. Comportamento dos teores de Fe nas folhas do feijoeiro em função de doses de nitrogênio. Safra primavera-verão. UFLA, Lavras – MG, 1997/98.

Na ausência de nitrogênio o teor foliar de Fe foi próximo de 400 mg.kg<sup>-1</sup>, com uma estimativa de 390 mg.kg<sup>-1</sup>, próximo do limite superior do intervalo considerado adequado para o feijoeiro (100-450 mg.kg<sup>-1</sup>) por Wilcox e Fageria (1976) e Malavolta (1992). Certamente, esta considerável absorção foi devido aos elevados teores do micronutriente no solo em questão, um Latossolo Roxo com elevada acidez (pH 4,8). Com a adição de doses crescentes de N,

verificou-se que o teor de Fe nas folhas decresceu linearmente (Figura 3), a uma taxa média de  $1,054\text{mg.kg}^{-1}$  de Fe para cada quilograma de N, embora ainda permanecendo dentro da faixa considerada adequada. Um possível efeito de diluição, face a maior crescimento das plantas por influência do N poderia estar envolvido. Flor (1981), citado por Oliveira e Thung (1988), registra que a adubação nitrogenada pesada pode causar deficiência de Fe e, desta forma, reduzir o sucesso da adubação química, embora não seja mencionada a razão para tal comportamento.

O aumento da dose de nitrogênio resultou em aumento linear do teor de Zn nas folhas do feijoeiro (Figura 4), podendo-se estimar um acréscimo médio de  $0,048\text{ mg.kg}^{-1}$  no teor de Zn para cada quilograma de N. Certamente, a maior adição de fertilizante nitrogenado causou maior acidez na rizosfera, aumentando o aproveitamento do zinco original do solo, conforme argumentaram Souza e Ferreira (1991). Segundo esses autores, o nitrogênio também pode ter outro efeito, relacionado com o maior desenvolvimento do sistema radicular da planta, que provoca melhoria na absorção do micronutriente.

No milho, Adriano, Paulsen e Murphy (1971), observaram que elevados teores de Zn no substrato reduziram a absorção de ferro. Apesar das diferenças das espécies e solos utilizados, algo relacionado pode ter acontecido.

Com o incremento das doses de nitrogênio, observou-se também elevação do teor de Mn nas folhas do feijoeiro, notadamente a partir da dose de  $27\text{ kg.ha}^{-1}$  de N, quando o modelo quadrático ajustado se torna ascendente (Figura 5). Os argumentos citados para o Zn podem ser utilizados também para o Mn. A literatura cita interações entre os elementos Fe, Zn e Mn, que poderiam estar envolvidas nos resultados desse experimento. Olsen (1972), por exemplo, em solos ácidos, observou a ocorrência de sintomas de toxicidade de Mn, a qual se manifestava na forma de clorose internerval semelhante à da deficiência de

Fe; devido à grande quantidade de Mn na planta, houve menor absorção e transporte de Fe.

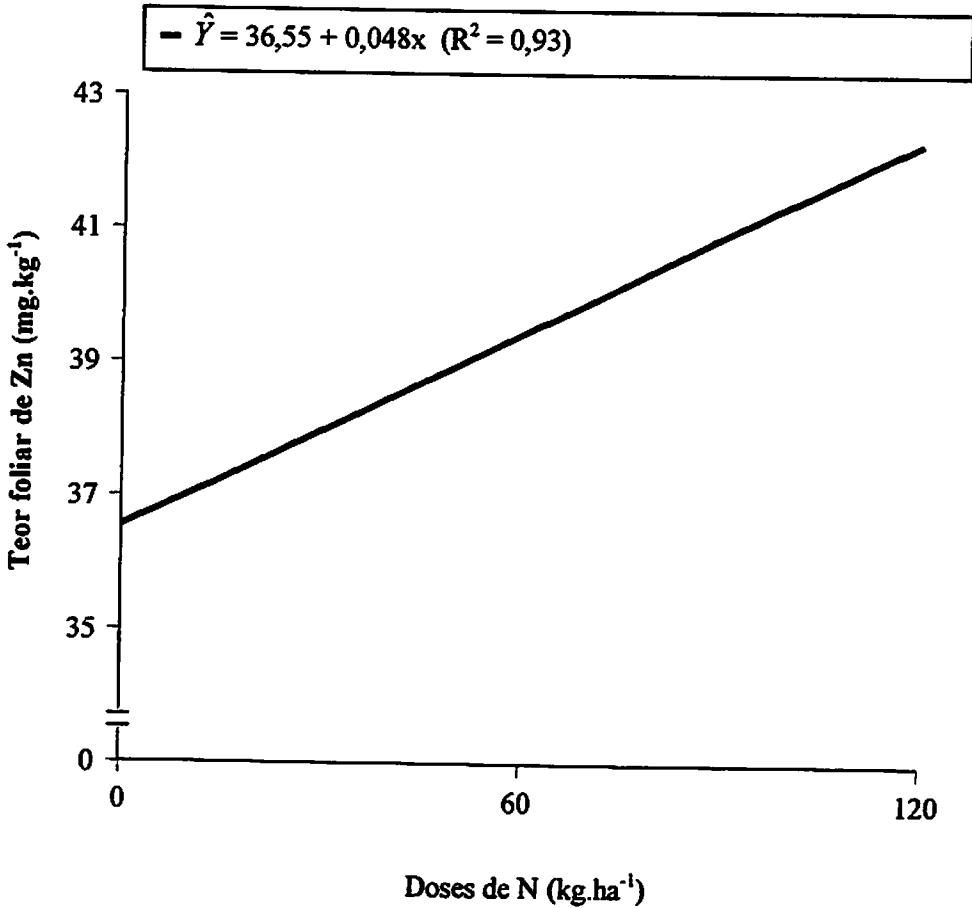


FIGURA 4. Comportamento do teor de Zn nas folhas do feijoeiro em função de doses de nitrogênio. Safra primavera-verão. UFLA, Lavras – MG, 1997/98.

Essas interações podem indicar um efeito secundário do N, o qual diminuiria a absorção do Fe e com isto favoreceria o aumento da absorção de Zn e Mn e a conseqüente elevação dos teores de ambos nas folhas. Ou o contrário,

onde o N favoreceria a absorção de Zn e Mn, com a diminuição da absorção do Fe e a diminuição dos teores deste na folha. Importante salientar que o aumento dos teores de Mn não foram suficientes para promover toxicidade no feijoeiro, mantendo-se na faixa adequada, que é de 30-300 mg.kg<sup>-1</sup> segundo Wilcox e Fageria (1976) e Malavolta (1992).

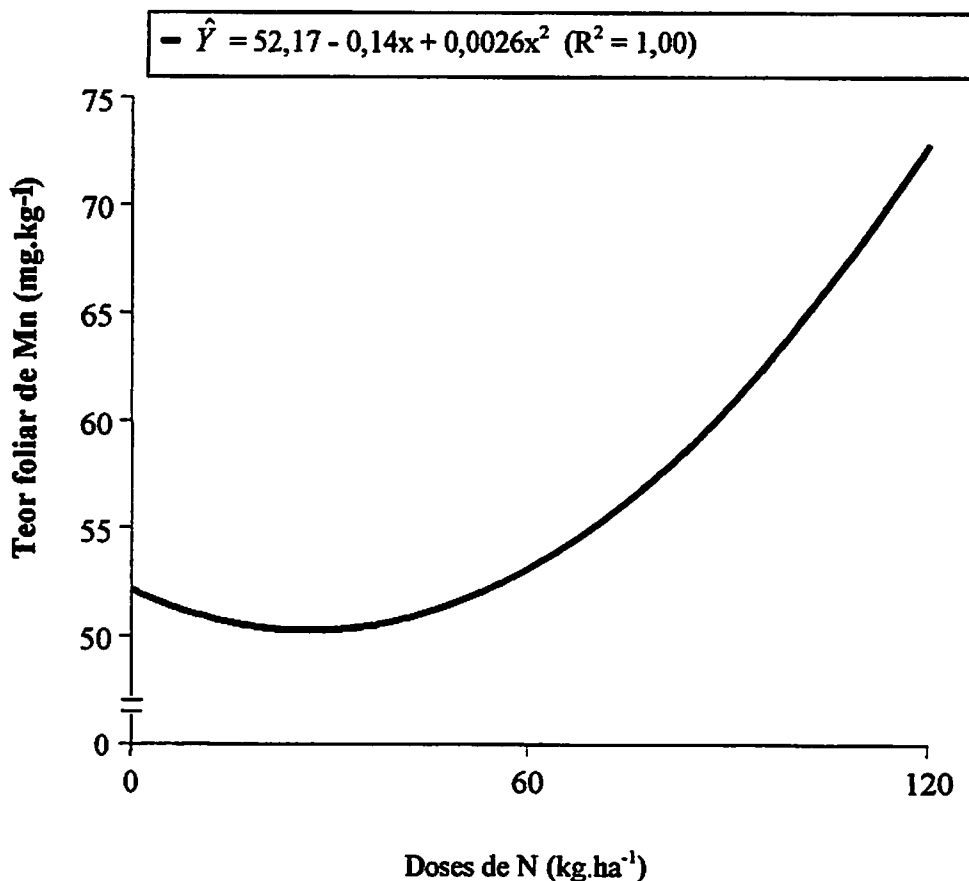


FIGURA 5. Comportamento do teor de manganês nas folhas do feijoeiro em função de doses de nitrogênio. Safra primavera-verão. UFLA, Lavras - MG, 1997/98.

## **4 CONCLUSÕES**

O incremento de N na adubação elevou os teores foliares de N, Zn e Mn do feijoeiro.

A adição de doses crescentes de P não afetou os teores foliares de macro e micronutrientes do feijoeiro.

A cultivar Carioca apresentou maiores teores foliares de Ca e Zn em relação à cultivar Pérola.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIANO, D.C.; PAULSEN, G.M.; MURPHY, L.S. Phosphorus-iron and phosphorus-zinc relationship in corn (*Zea mays* L.) seedlings as affected by mineral nutrition. *Agronomy Journal*, Madison, v.63, n.1, p.36-39, Jan./Feb. 1971.
- ANDRADE, M.J.B. de; ALVARENGA, P.E.; CARVALHO, J.G; SILVA, R.; NAVES, R.L. Influência do nitrogênio, rizóbio e molibdênio sobre o crescimento, nodulação radicular e teores de nutrientes no feijoeiro. *Revista Ceres*, Viçosa, v.45, n.257, p.65-79, jan./feb. 1998a.
- ANDRADE, M.J.B. DE; KIKUTI, H.; REZENDE, P.M.; ANDRADE, L.A.de B. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação foliar fosfatada em solos com teores médio e alto de fósforo disponível. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.22, n.2, p.188-193, abr./jun. 1998b.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. *Experimentação agrícola*.3.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Normais climatológicas (Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro). Brasília: MARA, 1992. 84p.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes, em Minas Gerais: 4ª aproximação*. Lavras, 1989. 176p.
- DINIZ, A.C. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de nitrogênio (semeadura e cobertura) e de molibdênio foliar. Lavras: UFLA. 1995, 60p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão. *Informativo Anual das Comissões Técnicas Regionais de Feijão: cultivares de feijão recomendadas para plantio no ano agrícola 1998/99*. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1998. 29p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1)

- EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. New York: John Wiley and Sons, 1972. 412p.
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, SP. **Programa e Resumo...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.235.
- FREIRE, J.C. Condutividade hidráulica e capacidade de campo de latossolo roxo distrófico não saturado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.3, n.2, p.73-77, maio/ago. 1979.
- GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1990. 460p.
- MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992. 124p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1977. 319p.
- OLIVEIRA, I.P. de; ARAUJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (coord.) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.169-222.
- OLIVEIRA, I.P. de; THUNG, M.D.T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, J.A.; YAMADA, T. (ed.) **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.175-212.
- OLSEN, S.R. Micronutrient interactions. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, N.L. (ed.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p.234-264.
- SOUZA, E.C.A. de; FERREIRA, M.E. Zinco. In: Ferreira, M.E.; CRUZ, M.C.P. da (ed.). **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.55-65.

- VIEIRA, C. Adubação Mineral e Calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JR, T.J. de; BORÉM, A. (ed.) **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: UFV, 1998. p.123-152.
- VIEIRA, C.; VIEIRA, R.F. Época de plantio de feijão e proposta de nomenclatura para designá-las. **Revista Ceres, Viçosa**, v.42, n.244, p.685-688, nov./dez. 1995.
- WILCOX, G.E.; FAGERIA, N.K. **Deficiências nutricionais do feijão: sua identificação e correção**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1976. 22p. (EMBRAPA-CNPAF. Boletim Técnico, 6)

## CAPÍTULO 4

### RESUMO

**RODRIGUES, João Roberto de Mello. Viabilidade econômica da produção de feijão (cvs Carioca e Pérola) em função de doses crescentes de nitrogênio e fósforo.**

Com o objetivo de determinar, a partir dos rendimentos de grãos de feijão obtidos com a aplicação de doses crescentes de N e  $P_2O_5$ , as variações do custo de produção e da receita da atividade em cada situação, foram conduzidos três ensaios de campo (inverno-primavera 97, primavera-verão 97/98 e verão-outono 98) em área experimental do Departamento de Agricultura da UFLA, situada em Lavras-MG, Brasil. Empregou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições e esquema fatorial  $2 \times 4 \times 3$  envolvendo duas cultivares (Carioca e Pérola), quatro doses de  $P_2O_5$  (0, 50, 100 e 150  $kg \cdot ha^{-1}$ , fonte super fosfato triplo) e três doses de N (0, 60 e 120  $kg \cdot ha^{-1}$ , fonte uréia, fracionando-se 2/3 na semeadura e 1/3 em cobertura no início da etapa  $V_4$  do ciclo do feijoeiro). Por ocasião da colheita determinou-se o rendimento de grãos, o qual elevou-se linearmente com o incremento das doses de N, verificando-se maiores acréscimos nas duas maiores doses de  $P_2O_5$ . O efeito das doses de  $P_2O_5$  também foi linear, mas apenas na presença de N. Para a apreciação econômica dos efeitos que se mostraram significativos pela análise de variância, estimou-se o custo efetivo e a renda bruta proporcionada em cada situação. Os preços dos insumos e serviços foram coletados no mercado local de Lavras-MG em agosto/2000 e para estimativa da renda foram considerados três níveis de preços recebidos pelo produtor: o preço mínimo do período 1992-2000 (R\$ 0,570. $kg^{-1}$ ), o preço médio (R\$ 0,956. $kg^{-1}$ ) e o preço máximo (R\$ 1,789. $kg^{-1}$ ). Houve pequenas variações no custo de produção entre as diferentes safras, creditadas principalmente à presença ou ausência de irrigação e da necessidade

ou não de controle fitossanitário. Em todas as situações analisadas, a receita obtida com o feijão cresceu com o incremento das doses de N ou  $P_2O_5$ . A análise mostrou ainda que o emprego do preço mínimo do período (R\$  $0,570.kg^{-1}$ ), ao contrário dos preços médio e máximo, levou à obtenção de receitas inferiores ao custo de produção.

## ABSTRACT

**RODRIGUES, João Roberto de Mello. Economical viability of the production of bean crop affect by doses of nitrogen and phosphorus.**

Aiming to determine the variations of common beans production cost and incomes under different doses of N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, three field trials (winter-spring 97, spring-summer 97/98 and summer-Fall 98) were conducted at the experimental area of the Agronomy Department, Lavras Agricultural University (UFLA). The experimental design was randomized block with three replications and 2x4x3 factorial arrangement involving two cultivars (Carioca and Pérola), four doses of phosphorus (0, 50, 100 and 150 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, as triple superphosphate) and three doses of N (0, 60 and 120 kg ha<sup>-1</sup> of N, as urea, fractioning 2/3 at the sowing time and 1/3 as covering at the beginning of V4 stage). Grain yield was determined, at harvest which rose linearly with increase doses of N, verifying bigger increases at the two highest P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> doses. The P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> doses effect was also linear but only in the presence of N. For the economical evaluation of the significant effects by the analysis of variance, the effective cost and proportional gross income were estimated in each situation. The prices of inputs and services were collected in Lavras local market in August/2000 and for estimate of the income, three levels of prices received by the farmer were taken into account: the minimum price of the 1992-2000 period (R\$ 0,57 kg<sup>-1</sup>), average price (R\$ 0,956 kg<sup>-1</sup>) and maximum price (R\$ 1,789 kg<sup>-1</sup>). There were small variations in the production cost among the different growing seasons, credited mainly to the presence or absence of irrigation and need or not of phytosanitary control. In every situation assayed, the income obtained with beans increased with the increase doses of N or P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. The analysis showed

further that the minimum price of the period, resulted in lower incomes at the production cost.

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura irrigada do feijoeiro de outono-inverno vem sendo explorada com enfoque empresarial em grandes áreas de Minas Gerais, Goiás e outros estados brasileiros. Nessas áreas tem-se verificado uma desenfreada busca por produtividades cada vez maiores, sendo comum, em muitas regiões, a existência de pivôs-centrais com rendimentos de grãos superiores a  $3.500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  ( $58\text{sc}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

Esses rendimentos, entretanto, vêm sendo alcançados com o uso excessivo de insumos, incluindo diferentes tipos de fertilizantes, fungicidas, inseticidas e herbicidas. Apesar das doses totais empregadas serem muito elevadas, os produtores resistem em reduzi-las, com receio de que as produtividades caiam. Devido à produção em alta escala, esse fato tem resultado em boa remuneração da atividade quando os preços do feijão estão em patamares mais elevados, mas tem levado a grandes perdas quando os preços são menores, o que tem provocado a freqüente saída de produtores da atividade, agravando ainda mais o problema da sazonalidade da oferta e dos preços do produto no mercado brasileiro.

Um dos principais objetivos da economia da produção é facilitar o uso mais eficiente dos recursos (Reis et al., 1979). Em agricultura, o interesse maior é a otimização do uso de insumos, ou seja, determinar a(s) dose(s) do(s) insumo(s) que apresentam máxima eficiência física – (MEF) ou econômica – (MEE) (Alvarez V., 1985). Ao empregar um determinado insumo, é de fundamental importância para o agricultor o conhecimento do custo de produção e do lucro derivado dessa prática, com finalidade de otimizar o seu uso já que, via de regra, os insumos representam importante componente dos custos de produção (Alvarez V., 1985).

Dentre os insumos empregados na lavoura do feijoeiro, o calcário e os fertilizantes assumem especial importância, devido à frequência e à magnitude das respostas em termos de produtividade (Vieira, 1998). Apesar do grande número de trabalhos sobre adubação da cultura na literatura, e a despeito da grande importância do enfoque econômico nessa área, poucos são os artigos publicados que procuraram explorar esse aspecto (Silva, 1967; Bolsanello et al., 1975; Junqueira Netto, 1977).

Dada a relativa escassez de estudos sobre os aspectos econômicos das adubações da cultura, os objetivos do presente trabalho foi, a partir dos rendimentos de grãos de feijão obtidos com a aplicação de doses crescentes de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; determinar as variações do custo, valor da produção e da margem bruta da exploração em cada situação.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido nas safras do inverno-primavera 1997, primavera-verão 1997/98 e verão-outono 1998, no Campo experimental do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 2x4x3, envolvendo duas cultivares, quatro doses de fósforo e três doses de nitrogênio.

As cultivares, ambas do tipo comercial carioca, foram a Carioca e a Pérola. A Carioca foi selecionada em lavoura comercial de São Paulo e recomendada pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) há mais de duas décadas, possui hábito de crescimento do tipo III (indeterminado prostrado), ciclo normal e resistência ao mosaico-comum. A Pérola, originalmente linhagem LR 720982 CPL 53, foi lançada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em 1994 e possui hábito II/III (semi-ereto a prostrado), ciclo normal e resistência ao mosaico-comum, ferrugem e mancha angular (EMBRAPA, 1998).

O fósforo foi empregado nas doses de 0, 50, 100 e 150 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, utilizando-se como fonte o superfosfato triplo, aplicado totalmente por ocasião da semeadura do feijão, juntamente com o fertilizante potássico (cloreto de potássio) e parte do fertilizante nitrogenado, quando este estava presente. Para evitar problemas relacionados ao efeito salino sobre a germinação e emergência, os fertilizantes foram bem misturados ao solo no fundo dos sulcos antes da semeadura.

As doses de nitrogênio foram 0, 60 e 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N, empregando-se a uréia como fonte e parcelando-se a dose em duas aplicações: 2/3 na semeadura e 1/3 em cobertura, aos 20 dias após a emergência (DAE) das plântulas.

O preparo das glebas utilizadas foi convencional, com uma aração e duas ou três gradagens. A calagem foi dispensada, uma vez que se utilizou o método que se baseia nos teores de alumínio e cálcio mais magnésio para o cálculo da necessidade de calagem (Vieira, 1998).


Além das doses de N e  $P_2O_5$  utilizadas nos tratamentos, foram usados na semeadura  $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de  $K_2O$ , fonte cloreto de potássio. Adicionaram-se ainda 15 kg de formulação granulada do inseticida sistêmico “forate”, como preventivo contra pragas iniciais da cultura.

Adotou-se o espaçamento de 0,5 m entre linhas, densidade de 15 sementes por metro e profundidade de semeadura de 3-4 cm. Cada parcela foi constituída por quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, perfazendo área total de  $10 \text{ m}^2$  e área útil de  $5 \text{ m}^2$  (as duas fileiras centrais).

Na primavera-verão foram empregados os inseticidas monocrotophós e deltametrin para o controle de pequena infestação por cigarrinha verde (*Empoasca kraemeri*) e lagarta da vagens (*Maruca testulalis*). Nos ensaios do verão-outono e do inverno-primavera não foram necessárias quaisquer medidas de controle fitossanitário.

Os demais tratos culturais foram os normalmente empregados na cultura da região. O ensaio do inverno-primavera foi conduzido sob irrigação por aspersão convencional e no ensaio do verão-outono realizaram-se irrigações complementares.

Em cada ensaio foi avaliado o rendimento de grãos, determinado pela pesagem da totalidade dos grãos obtidos na parcela útil após a trilha de todas as plantas nela existentes. O peso originalmente obtido foi corrigido para 13% de umidade, de acordo com a expressão:


$$P = \frac{Pc.(100 - Uo)}{(100 - Ui)}$$

em que:

P : peso corrigido

Pc : peso de campo

Uo : umidade de campo (%)

Ui : umidade de correção =13%

Os dados foram submetidos à análise de variância individual por ensaio e conjunta (Banzatto e Kronka, 1989), com o emprego do pacote computacional SISVAR (Ferreira, 2000).


Os dados do rendimento de grãos foram utilizados para a obtenção das funções de produção, ou seja, das relações entre a produtividade de grãos e as doses de N ou P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

O número de funções estudado em relação a cada nutriente foi determinado pela significância das interações dos fatores envolvidos na análise de variância. No caso da interação doses de N x safras, por exemplo, considerou-se um único fator variável (doses de N), mantendo-se os demais constantes.

Já no caso da interação doses de N x doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o interesse é saber como varia Y quando um desses fatores é mantido fixo no nível a e varia a quantidade empregada do outro fator, passando, também neste caso, a depender de uma única variável.

Para a apreciação econômica dos efeitos que se mostraram significativos pela análise de variância, obteve-se o custo estimado (CE) e a receita bruta (RB) proporcionada em cada situação.

Considerou-se custo estimado o preço do fator variável (PX<sub>1</sub>), nitrogênio ou fósforo, vezes a quantidade (X<sub>1</sub>) aplicada, somado ao custo dos fatores mantidos constantes, para cada situação. Todos os preços foram coletados no



mercado local de Lavras-MG em agosto de 2000, mediante consulta direta às revendas de insumos agrícolas e prestadoras de serviços.

A receita bruta (RB), foi obtida pela multiplicação entre o preço do feijão (PY) e a quantidade produzida (Y) com cada dose aplicada e foi expressa em R\$.ha<sup>-1</sup>. Para o cálculo da renda bruta foram considerados três níveis de preços recebidos pelos produtores de feijão no período 1992/2000 (Agroanalysis, 2000): o preço médio (R\$ 0,956.kg<sup>-1</sup>), o maior preço verificado (R\$ 1,789.kg<sup>-1</sup>, em junho de 1998) e o menor preço observado (R\$ 0,570.kg<sup>-1</sup>, em março de 2000).

De posse do custo estimado e da receita bruta, pode-se calcular, por diferença, a margem bruta, a qual deixará, portanto, de incluir a depreciação das máquinas e do equipamento de irrigação, os custos financeiros e remunerações administrativas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância conjunta dos dados relativos ao rendimento de grãos nas três safras indicou boa precisão experimental com que foi estimada essa característica ( $CV\% = 25,01$ ), o que pode ser avaliado pelo valor do coeficiente de variação ( $CV\%$ ), o qual se mostrou coerente com os normalmente obtidos com a cultura do feijoeiro na região (Abreu et al., 1994). Além dos efeitos significativos de safras (S), cultivares (C), doses de fósforo (P) e doses de nitrogênio (N), também foi detectada significância para as interações S x C, S x N e P x N.

Verifica-se na Tabela 1 que o rendimento médio de grãos, considerando as três safras estudadas, foi de  $1470 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . A cultivar Pérola apresentou maior produtividade que a Carioca nas duas primeiras safras (inverno-primavera e primavera-verão), confirmando alguns resultados anteriores, como os de Valério, Andrade e Ferreira (1999), os quais também verificaram superioridade da 'Pérola' sobre a tradicional 'Carioca'. No inverno-primavera, quando as condições são mais favoráveis para obtenção de boas produtividades, a diferença entre as cultivares foi da ordem de apenas 10%, enquanto na primavera-verão aquela diferença foi de 46%, certamente em função do porte mais prostrado da 'Carioca', além da maior susceptibilidade à ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) e mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*) (EMBRAPA, 1998). Na terceira safra do estudo (verão-outono), as duas cultivares apresentaram rendimentos equivalentes (Tabela 1)

Na safra do inverno-primavera foram obtidos os maiores rendimentos de grãos, com ambas as cultivares. Nesta safra, o rendimento da cv. Pérola foi de  $1824 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  e o da cv. Carioca,  $1651 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . O rendimento médio nessa safra,  $1738 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , foi equivalente à produtividade média do Estado de Minas Gerais

no ano de 1996, que foi de 1845 kg.ha<sup>-1</sup> (Santos e Braga, 1998). No caso da cultivar Pérola, a produtividade nas demais safras (primavera-verão e verão-outono) foi semelhante, da ordem de 1450 kg.ha<sup>-1</sup>. No caso da 'Carioca', a produtividade foi distinta nas três safras, sendo o pior comportamento observado na safra da primavera-verão (Tabela 1). Essa situação da cv. Carioca reflete melhor a realidade do Estado de Minas Gerais, onde em 1996 a produtividade média foi de 696 kg.ha<sup>-1</sup> na safra de verão-outono e de apenas 522 kg.ha<sup>-1</sup> na safra de primavera-verão (Santos e Braga, 1998).

Verifica-se na Figura 1 que o efeito das doses de N sobre o rendimento de grãos foi diferenciado nas três safras. No inverno-primavera, quando o ambiente é favorável ao feijoeiro, a resposta da produtividade às doses crescentes de N foi linear e mais intensa, fato também observado por Teixeira et al. (2000), na mesma localidade, com a cultivar Pérola. No verão-outono os dados ajustaram-se melhor a um modelo quadrático com ponto de máximo

TABELA 1. Rendimento médio (kg.ha<sup>-1</sup>) de grãos de duas cultivares de feijoeiro em três safras consecutivas. UFLA, Lavras - MG, 1997/98.<sup>(1)</sup>

Safras	Cultivares		Médias
	Pérola	Carioca	
Inv.-Primavera	1824 A a	1651 B a	1738
Prim.-Verão	1458 A b	998 B c	1228
Verão-Outono	1451 A b	1440 A b	1446
Médias	1578	1363	1470

(3) Médias seguidas por diferentes letras diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam cultivares e minúsculas, safras.

rendimento (1769 kg.ha<sup>-1</sup>) estimado com a dose de 108,6 kg.ha<sup>-1</sup> de N; essa menor resposta certamente é resultante da limitação de água normalmente imposta à cultura nessa safra, principalmente no período crítico correspondente ao enchimento do grão. Já na safra de primavera-verão, a resposta, apesar de linear, foi de pequena magnitude e deve estar relacionada à maior lixiviação do N ou à maior adição do nutriente via chuva.

Os possíveis desdobramentos do efeito da interação N x P são apresentados nas Figuras 2 e 3. Na Figura 2 observa-se que a resposta ao acréscimo de N em doses de até 120 kg.ha<sup>-1</sup> foi linear na presença de quaisquer doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, inclusive na dose zero, ou seja, na ausência de adubação fosfatada. Percebe-se ainda na Figura 2 que a intensidade da resposta ao N foi maior na presença das maiores doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, demonstrando que maiores adubações fosfatadas requerem maior adição de N e resultam em maiores respostas à adubação.

Na Figura 3 observa-se que a resposta do rendimento às doses crescentes de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, apesar de também lineares, foram de menor magnitude que as devidas ao N (Figura 2). Observa-se ainda que não houve resposta ao P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na ausência da adubação nitrogenada e que a resposta ao P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> também cresceu com o incremento das doses de N, confirmando a grande interdependência das recomendações dos dois macronutrientes.

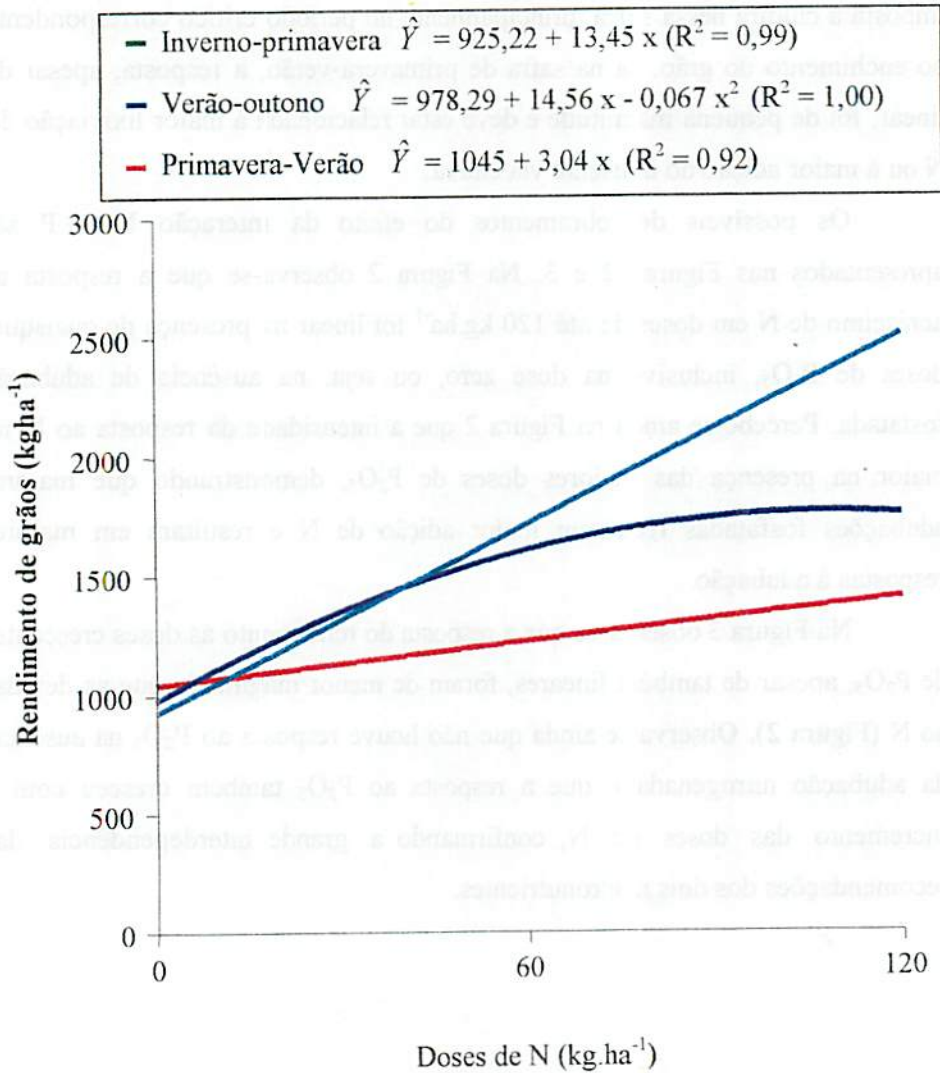


FIGURA 1. Rendimento de grãos do feijoeiro em função de doses de nitrogênio em três safras consecutivas. UFLA, Lavras, 1997/98.

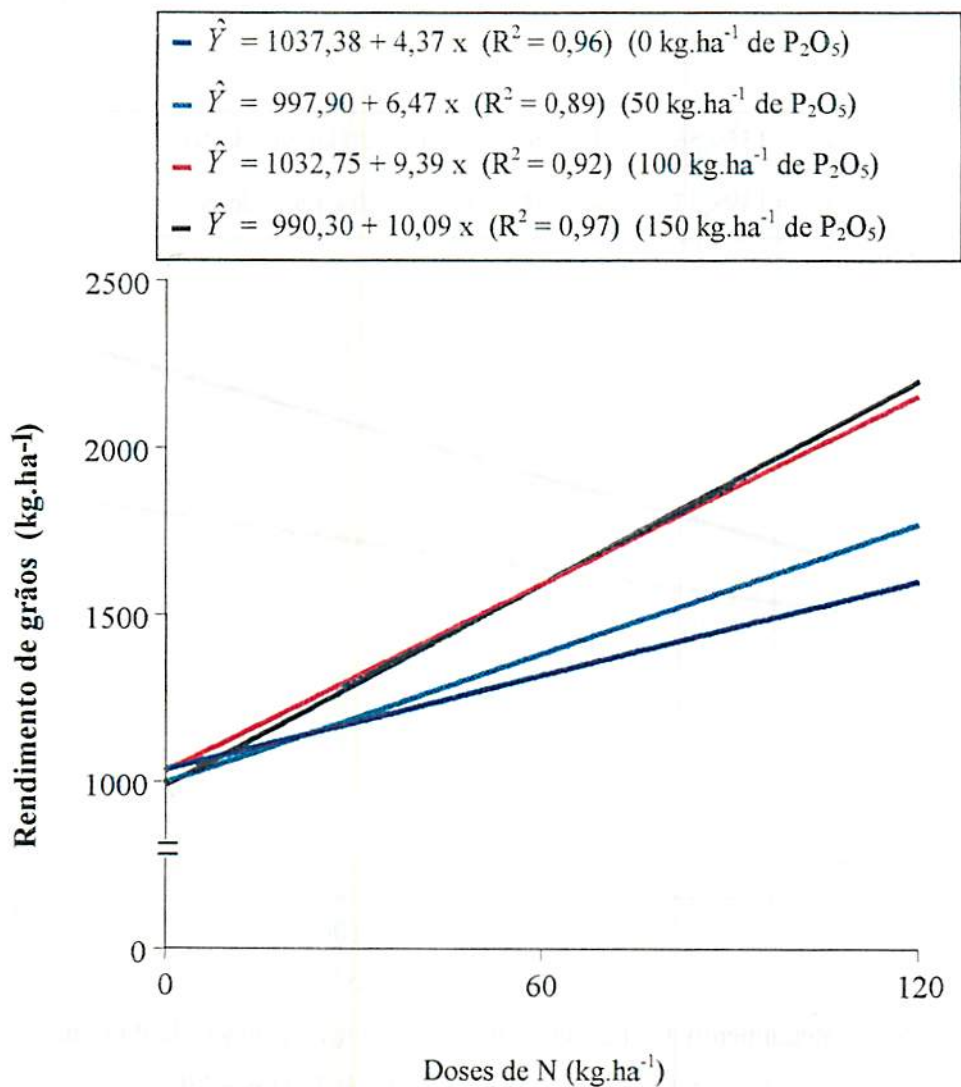


FIGURA 2. Rendimento de grãos do feijoeiro em função de doses de nitrogênio, na presença de diferentes doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . UFLA, Lavras - MG, 1997/98.

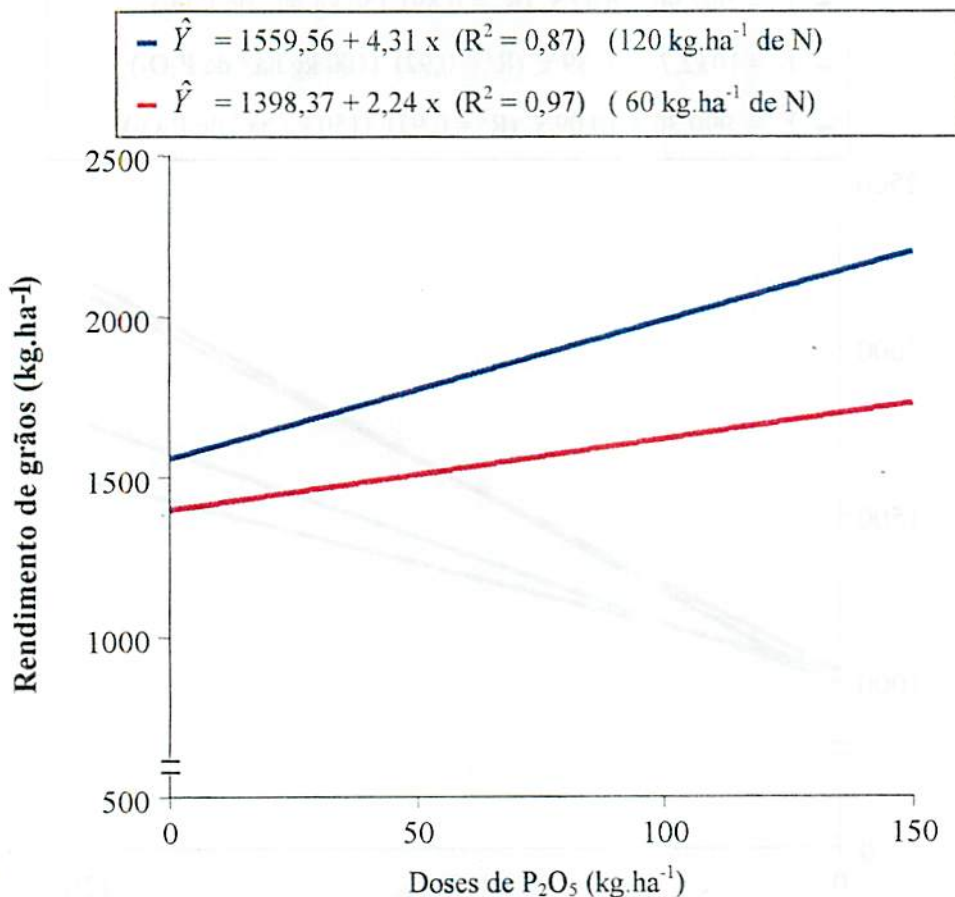


FIGURA 3. Rendimento de grãos do feijoeiro em função de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na presença de diferentes doses de N. UFLA, Lavras – MG, 1997/98.

Verifica-se, portanto, que em todas as combinações de doses de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> houve acréscimo do rendimento de grãos com o incremento da dose dos nutrientes. Resta saber, entretanto, como se comportaram economicamente as diferentes situações examinadas.

No estudo do efeito das doses de N nas diferentes safras, foi empregado o custo dos fatores mantidos constantes, fornecido pela Tabela 2. Observa-se que neste caso foi considerado, nas três safras, o custo da dose média de  $P_2O_5$  ( $75 \text{ kg } P_2O_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Na Tabela 2 não estão ainda considerados os custos devidos ao fertilizante nitrogenado, os quais serão acrescidos oportunamente. Na safra de primavera-verão, vulgarmente chamada de plantio das águas, verificou-se o maior custo. Embora não tenha sido utilizada irrigação, a necessidade de controle de pragas fez com que o custo de produção nessa safra tenha sido o mais elevado, chegando a R\$  $885,45 \cdot \text{ha}^{-1}$  (Tabela 2), sem considerar o fertilizante nitrogenado.

No inverno-primavera (época de inverno ou 3ª safra) esse custo de produção reduziu-se um pouco (Tabela 2), ficando em R\$  $877,05 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Nessa época não foi necessário o controle de pragas, mas o custo da irrigação tornou o custeio de um hectare bem próximo ao da safra anterior.

O custo de produção na safra da seca foi o menor dentre todas as safras, totalizando R\$  $842,15 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Note-se, entretanto, que as diferenças entre os custeios nas diferentes safras ficaram em torno dos 5%, ou seja, permaneceram bastante próximos.

As Figuras 4,5 e 6 ilustram o comportamento do custo de produção de feijão nas três safras estudadas, agora incorporando o custo do fertilizante nitrogenado, e as respectivas receitas obtidas, considerando-se as três mencionadas situações de preços do produto. Deve ser observado que ao se considerar o menor preço do período, R\$  $0,570 \cdot \text{kg}^{-1}$ , a receita foi sempre inferior ao custo de produção na primavera-verão (Figura 4), enquanto nas demais safras ela se tornaria positiva somente a partir de doses de N próximas a  $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  (Figura 5 e 6).

**TABELA 2. Custo dos fatores de produção de feijão mantidos constantes estimado em três safras consecutivas, em Lavras-MG<sup>(1)</sup>.**

Especificações	Unid.	Preço unitário		Safras		
		(R\$)	Quant.	Prim.-verão	Inverno-prim.	Verão-out.
1 Semente	Kg	2,00	80	160,00	160,00	160,00
2 Preparo do solo	h/mq	20,00	6,5	130,00	130,00	130,00
3 Plantio	h/mq	20,00	2	40,00	40,00	40,00
4 Cloreto de K	Kg	0,59	100	59,00	59,00	59,00
5 Super triplo	Kg	0,70	250	175,00	175,00	175,00
6 Inseticida	Kg	10,67	5	53,35	53,35	53,35
7 Capina	d/h	12,00	2	24,00	24,00	24,00
8 Inseticida	L	45,00	2	90,00	-	-
9 Trilha	h/mq	20,00	4	80,00	80,00	80,00
10 Mão de obra	d/h	12,00	6	72,00	72,00	72,00
11 Sacaria	Sc	0,10	-	2,10	2,90	2,40
12 Irrigação (inv.)	Kw/h.	0,26	80	-	20,80	-
13 Irrigação (verão)	Kw/h.	0,26	40	-	-	10,40
14 Irrigação (inv.)	d/h	12,00	5	-	60,00	-
15 Irrigação (verão)	d/h	12,00	3	-	-	36,00
<b>Subtotais (R\$)</b>				<b>885,45</b>	<b>877,05</b>	<b>842,15</b>

(1) Os coeficientes técnicos foram estimados a partir dos gastos efetivos nos experimentos e os preços foram coletados no mercado local de Lavras-MG em agosto de 2000, mediante consulta direta a revendas de insumos agrícolas e prestadoras de serviços. Não estão computados os custos relativos ao fertilizante nitrogenado.

$$\hat{Y}_{(0,570)} = 595,65 + 1,73x$$

$$\hat{Y}_{(0,956)} = 999,02 + 2,91x$$

$$\hat{Y}_{(1,789)} = 1870,55 + 5,44x$$

$$\text{Custo efetivo} = 885,45 + x$$

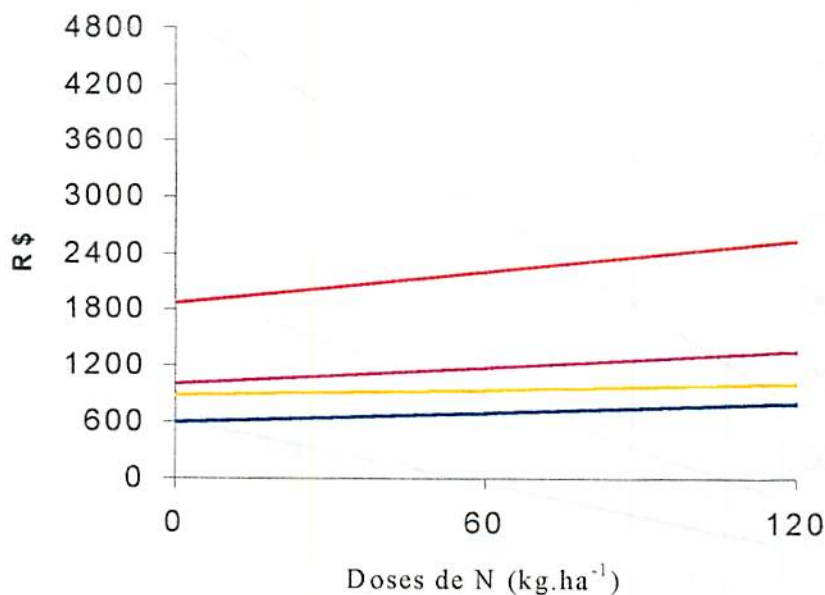


FIGURA 4. Custo estimado e receita bruta de um hectare de feijão em função de doses de N, safra primavera-verão, considerando-se três situações de preços do produto: R\$ 0,57, R\$ 0,956 e R\$ 1,789.kg<sup>-1</sup> de feijão. Preço do N= R\$1,00.kg<sup>-1</sup>.

Ao se considerar, porém, as demais situações de preços, a diferença entre receita bruta e custo estimado de produção foi sempre positiva (Figuras 4, 5 e 6), tendo-se verificado a maior margem bruta no inverno-primavera (Figura 5), quando ela foi superior a R\$ 3.000,00.ha<sup>-1</sup> na maior dose de N (120 kg N.ha<sup>-1</sup>).

$\hat{Y}_{(0,570)} = 527,37 + 7,66x$	$\hat{Y}_{(0,956)} = 884,51 + 12,86x$
$\hat{Y}_{(1,789)} = 1656,14 + 24,08x$	Custo estimado = $877,05 + x$

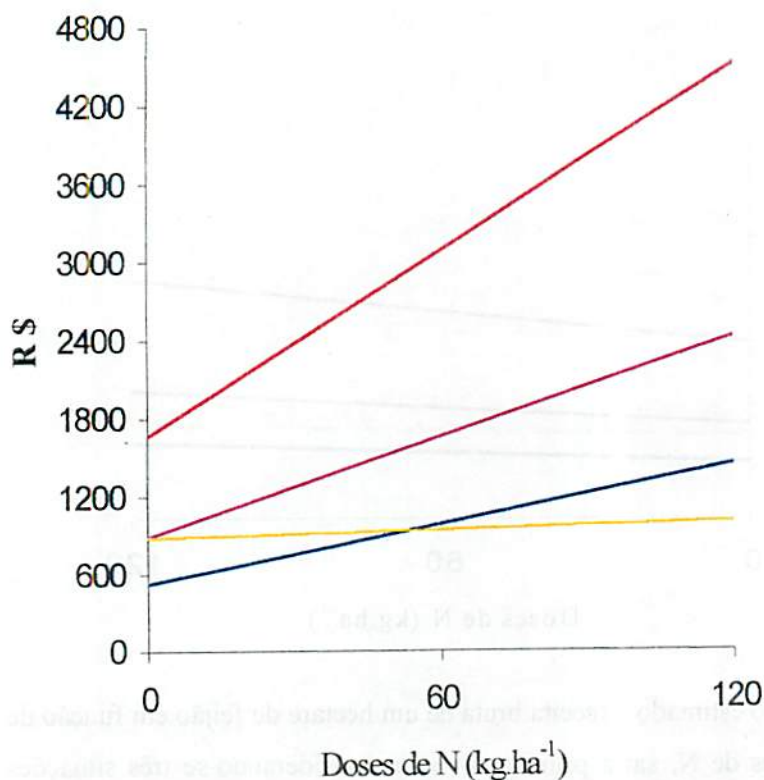


FIGURA 5. Custo estimado e receita bruta de um hectare de feijão em função de doses de N, safra inverno-primavera, considerando-se três situações de preços do produto: R\$ 0,57, R\$ 0,956 e R\$ 1,789.kg<sup>-1</sup> de feijão. Preço do N = R\$ 1,00.

$$\hat{Y}_{(0,570)} = 557,62 + 8,30x - 0,0382x^2 \quad - \hat{Y}_{(0,956)} = 935,24 + 13,92x - 0,0365x^2$$

$$- \hat{Y}_{(1,789)} = 1751,14 + 24,92x - 0,12x^2 \quad - \text{Custo estimado} = 877,05 + x$$

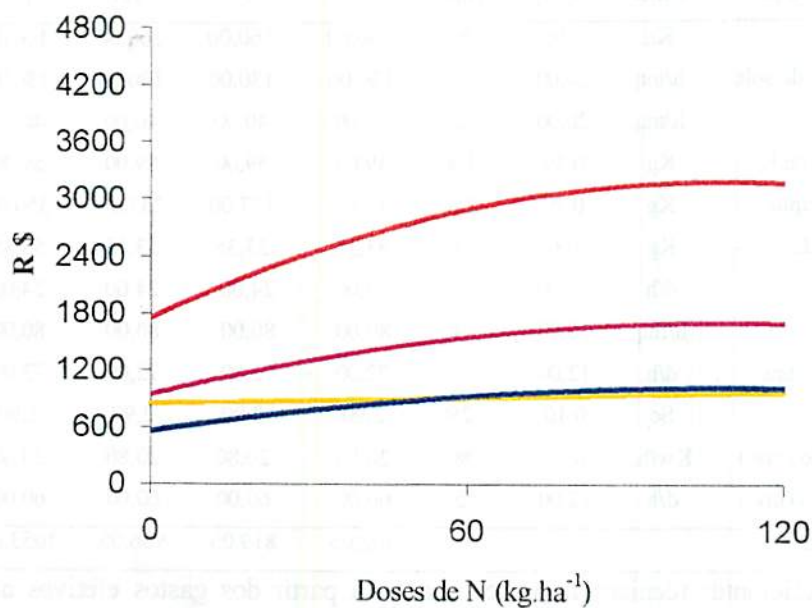


FIGURA 6. Custo estimado e receita bruta de um hectare de feijão em função de doses de N, safra verão-outono, considerando-se três situações de preços do produto: R\$ 0,57, R\$ 0,956 e R\$ 1,789.kg<sup>-1</sup> de feijão. Preço do N = R\$ 1,00.kg<sup>-1</sup>.

Para o estudo do efeito das doses de N na presença das diferentes doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, foi empregada a planilha apresentada na Tabela 3, onde não estão ainda considerados os custos relativos ao fertilizante nitrogenado.

**TABELA 3. Custo dos fatores de produção de feijão mantidos constantes, estimado na safra do inverno-primavera em função de quatro doses de  $P_2O_5$ : 0, 50, 100 e 150  $kg.ha^{-1}$ , em Lavras-MG<sup>(1)</sup>.**

Especificação	Unid.	Preço unit.		Doses de $P_2O_5$ ( $kg.há^{-1}$ )			
		(R\$)	Quant.	0	50	100	150
1 Semente	Kg	2,00	80	160,00	160,00	160,00	160,00
2 Preparo do solo	h/mq	20,00	6,5	130,00	130,00	130,00	130,00
3 Plantio	h/mq	20,00	2	40,00	40,00	40,00	40,00
4 Cloreto de K	Kg	0,59	100	59,00	59,00	59,00	59,00
5 Super triplo	Kg	0,70	250	0,00	117,00	233,00	350,00
6 Inseticida	Kg	10,67	5	53,35	53,35	53,35	53,35
7 Capina	d/h	12,00	2	24,00	24,00	24,00	24,00
8 Trilha	h/mq	20,00	4	80,00	80,00	80,00	80,00
9 Mão de obra	d/h	12,00	6	72,00	72,00	72,00	72,00
10 Sacaria	Sc	0,10	29	2,90	2,90	2,90	2,90
11 Irrigação (inv.)	Kw/h	0,26	80	20,80	20,80	20,80	20,80
12 Irrigação (inv.)	d/h	12,00	5	60,00	60,00	60,00	60,00
<b>Subtotais (R\$)</b>				<b>702,05</b>	<b>819,05</b>	<b>936,05</b>	<b>1053,05</b>

(1) Os coeficientes técnicos foram estimados a partir dos gastos efetivos nos experimentos e os preços foram coletados no mercado local de Lavras-MG, em agosto de 2000, mediante consulta direta a revendas de insumos agrícolas e prestadoras de serviços. Não estão computados os custos relativos ao fertilizante nitrogenado.

Observe-se que nesse caso foram organizadas quatro colunas de custo, correspondentes às quatro doses de  $P_2O_5$  estudadas. As sucessivas diferenças entre os subtotais apresentados na última linha da Tabela 3 correspondem, portanto, a R\$117,00, custo do super triplo equivalente a 50  $kg$  de  $P_2O_5$ , intervalo adotado entre as doses.

As Figuras 7, 8, 9 e 10 a seguir ilustram o desempenho econômico do incremento das doses de N na presença das doses de 0,50, 100 e 150 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

$\hat{Y}_{(0,570)} = 591,31 + 2,50x$	$\hat{Y}_{(0,956)} = 991,74 + 4,18x$
$\hat{Y}_{(1,789)} = 1855,87 + 7,82x$	Custo estimado = 702,50 + x

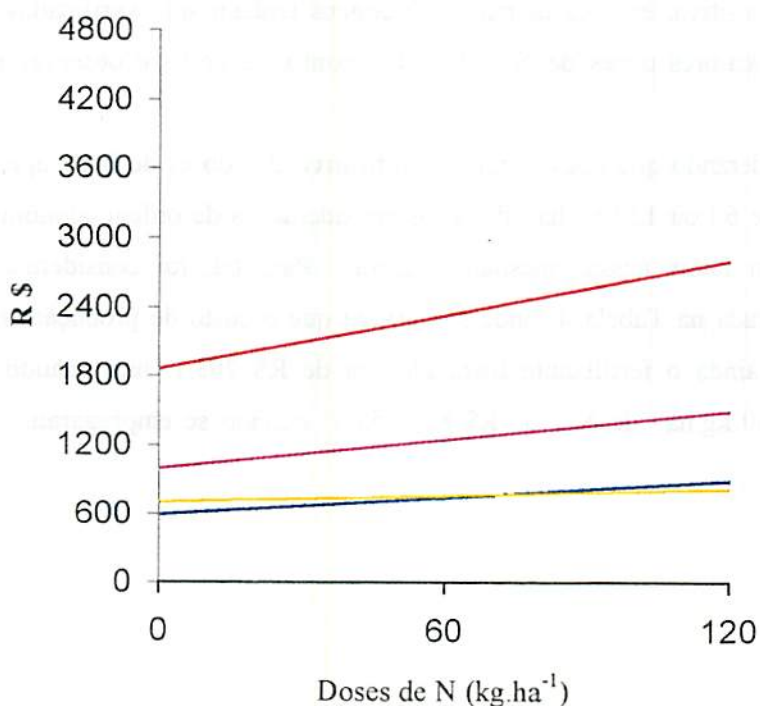


FIGURA 7. Custo estimado e receita bruta de um hectare de feijão em função de doses de N, na ausência de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, safra inverno-primavera, considerando-se três situações de preços do produto: R\$ 0,570, R\$ 0,956 e R\$ 1,789.kg<sup>-1</sup> de feijão. Preço do N = R\$ 1,00.kg<sup>-1</sup>.

Deve ser observado que, à semelhança do rendimento de grãos (Figura 2), os incrementos no custo de produção e nas receitas obtidas, devidos ao aumento das doses de N, também foram lineares.

Observe que recebendo o menor preço do período (R\$ 0,570.kg<sup>-1</sup>) produtor somente passaria a ter margem positiva utilizando doses elevadas acima de 60 kg.ha<sup>-1</sup> de N, independente de utilizar ou não o fertilizante fosfatado (Figuras 7 a 10). Com os preços médio ou máximo do período, a margem bruta seria sempre positiva, embora as maiores margens tenham sido verificadas na presença das maiores doses de N e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, conforme pode-se observar nas Figuras 9 e 10.

Considerando que houve efeito significativo das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> apenas na presença de 60 ou 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N, as considerações de ordem econômica também foram feitas nessas mesmas situações. Para tal, foi considerada a planilha mostrada na Tabela 4, onde se verifica que o custo de produção, não considerando ainda o fertilizante fosfatado, foi de R\$ 763,15.ha<sup>-1</sup> quando se empregaram 60 kg.ha<sup>-1</sup> de N e de R\$ 823,15.ha<sup>-1</sup> quando se empregaram 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N.

$\hat{Y}_{(0,570)} = 568,80 + 3,69x$	$\hat{Y}_{(0,956)} = 953,99 + 6,18x$
$\hat{Y}_{(1,789)} = 1785,24 + 11,57x$	Custo estimado = $818,25 + x$

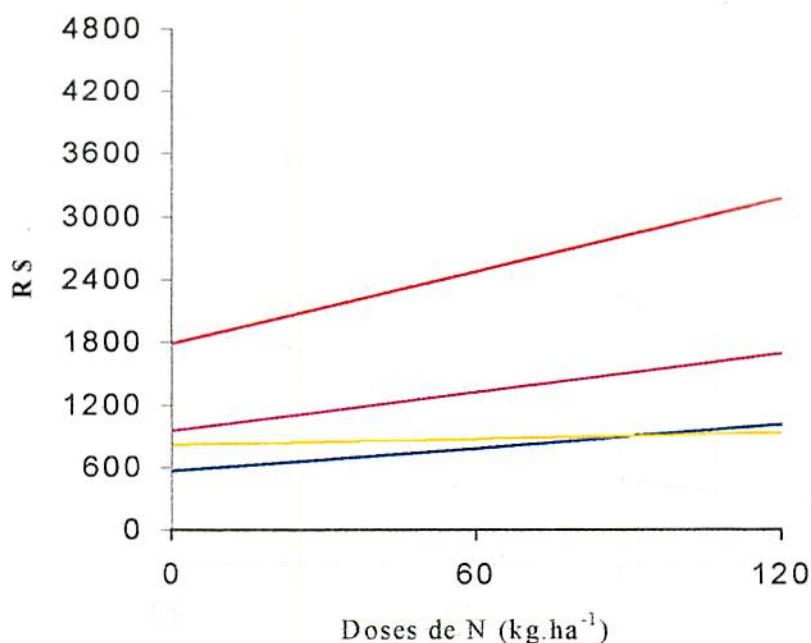


FIGURA 8. Custo estimado e receita bruta de um hectare de feijão em função de doses de N, na presença de 50 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, safra inverno-primavera, considerando-se três situações de preços do produto: R\$ 0,57, R\$ 0,956 e R\$ 1,789.kg<sup>-1</sup> de feijão. Preço do N = R\$ 1,00.kg<sup>-1</sup>.

$$\hat{Y}_{(0,570)} = 588,67 + 5,35x$$

$$\hat{Y}_{(0,956)} = 987,31 + 8,98x$$

$$\hat{Y}_{(1,789)} = 1848,62 + 16,81x$$

$$\text{Custo estimado} = 819,05 + x$$

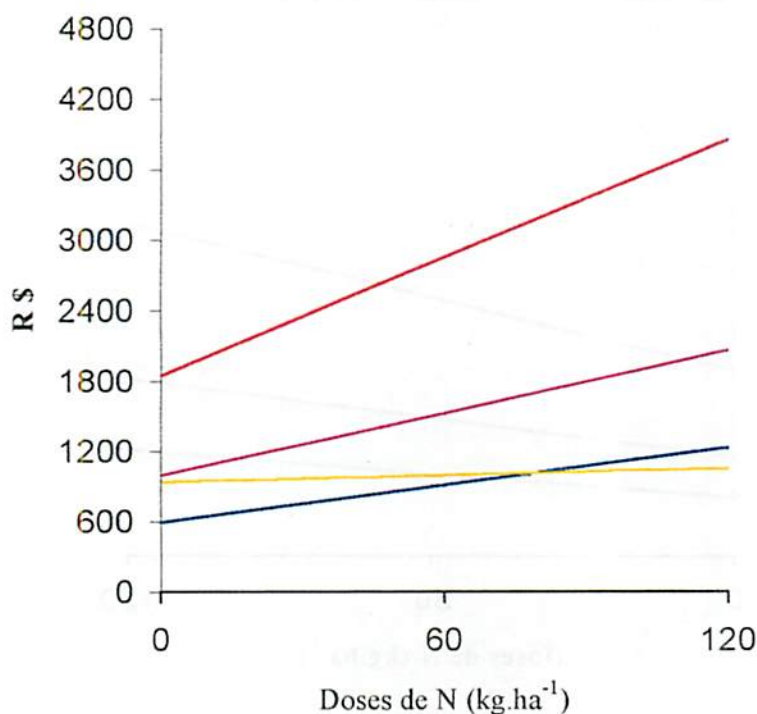


FIGURA 9. Custo estimado e receita bruta de um hectare de feijão em função de doses de N, , na presença de 100 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, safra inverno-primavera, considerando-se três situações de preços do produto: R\$ 0,57, R\$ 0,956 e R\$ 1,789.kg<sup>-1</sup> de feijão. Preço do N = R\$ 1,00.kg<sup>-1</sup>.

$$\hat{Y}_{(0,570)} = 564,47 + 5,75x$$

$$\hat{Y}_{(0,956)} = 946,73 + 9,65x$$

$$\hat{Y}_{(1,789)} = 1772,64 + 18,06x$$

$$\text{Custo estimado} = 1053,05 + x$$

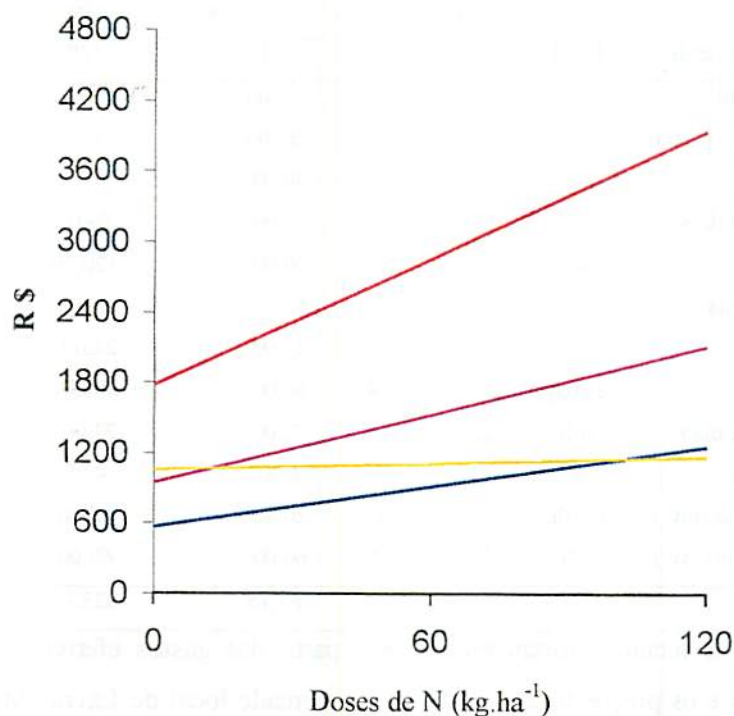


FIGURA 10. Custo estimado e receita bruta de um hectare de feijão em função de doses de N, na presença de 150 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, safra inverno-primavera, considerando-se três situações de preços do produto: R\$ 0,57, R\$ 0,956 e R\$ 1,789 .kg<sup>-1</sup> de feijão. Preço do N = R\$ 1,00. kg<sup>-1</sup>.

**TABELA 4. Custo dos fatores de produção de feijão mantidos constantes, estimado na safra do inverno-primavera em função de duas doses de N: 60, 120 kg.ha<sup>-1</sup>, em Lavras-MG<sup>(1)</sup>.**

	Especificação	Unid.	Preço unit.		Doses de N (kg.ha <sup>-1</sup> )	
			(R\$)	Quant.	60	120
1	Semente	kg	2,00	80	160,00	160,00
2	Preparo do solo	H/mq	20,00	6,5	130,00	130,00
3	Plantio	H/mq	20,00	2	40,00	40,00
4	Cloreto de K	kg	0,59	100	59,00	59,00
5	Uréia	kg	1,00	-	60,00	120,00
6	Inseticida	kg	10,67	5	53,35	53,35
7	Capina	d/h	12,00	2	24,00	24,00
8	Trilha	H/mq	20,00	4	80,00	80,00
9	Mão de obra	d/h	12,00	6	72,00	72,00
10	Sacaria	sc	0,10	40	4,00	4,00
11	Irrigação (inv.)	Kw/h.	0,26	80	20,80	20,80
12	Irrigação (inv.)	d/h	12,00	5	60,00	60,00
<b>Subtotais (R\$)</b>					<b>763,15</b>	<b>823,15</b>

(1) Os coeficientes técnicos foram estimados a partir dos gastos efetivos nos experimentos e os preços foram coletados no mercado local de Lavras-MG, em agosto de 2000, mediante consulta direta a revendas de insumos agrícolas e prestadoras de serviços. Não estão computados os custos relativos ao fertilizante fosfatado.

A performance econômica da cultura em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pode ser observada nas Figuras 11 e 12. Novamente a análise com base no menor preço do período (R\$ 0,570. kg<sup>-1</sup>) levou a receitas que não cobriram o custo de produção (Figura 11, com 60 kg.ha<sup>-1</sup> de N) ou que apenas pagaram aquele custo, com margem insignificante (Figura 12, com 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N).

$$\hat{Y}_{(0,570)} = 797,07 + 1,28x$$

$$\hat{Y}_{(0,956)} = 1336,84 + 2,14x$$

$$\hat{Y}_{(1,789)} = 2503,08 + 4,01x$$

$$\text{Custo estimado} = 763,15 + 2,33x$$

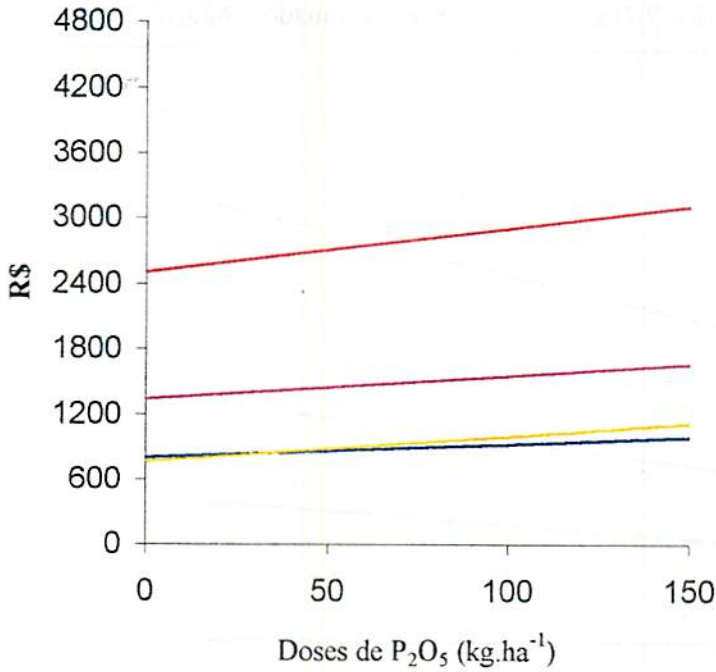


FIGURA 11. Custo estimado e receita bruta de um hectare de feijão em função de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na presença de 60 kg.ha<sup>-1</sup> de N, safra inverno-primavera considerando-se três situações de preços do produto: R\$ 0,570, R\$ 0,956 e R\$ 1,789.kg<sup>-1</sup> de feijão. Preço do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = R\$ 2,33.kg<sup>-1</sup>.

Essa situação de preços baixos tem provocado freqüente saída de produtores da atividade, agravando ainda mais o problema da sazonalidade da oferta e dos preços do produto no mercado brasileiro. Nas demais circunstâncias de preço do produto, a margem foi sempre positiva.

$\hat{Y}_{(0,570)} = 888,95 + 2,46x$	$\hat{Y}_{(0,956)} = 1490,94 + 4,12x$
$\hat{Y}_{(1,789)} = 2791,61 + 7,71x$	Custo estimado = $823,15 + 2,33x$

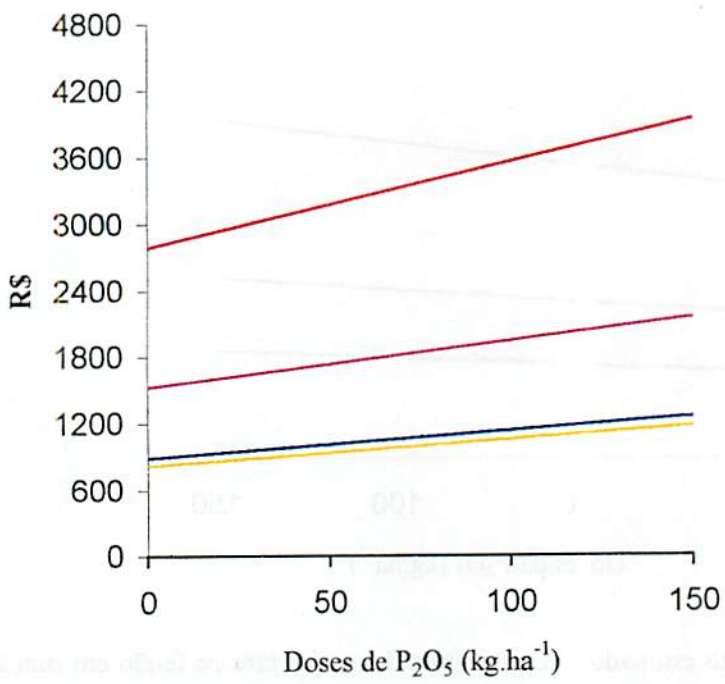


FIGURA 12. Custo estimado e receita bruta de um hectare de feijão em função de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na presença de 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N, safra inverno-primavera, considerando-se três situações de preços do produto: R\$ 0,57, R\$ 0,956 e R\$ 1,789 .kg<sup>-1</sup> de feijão. Preço do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=R\$ 2,33.kg<sup>-1</sup>.

O incremento da dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, seja na presença de 60 ou de 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N, proporcionou lucros que cresceram linearmente (Fig. 11 e 12), mas as maiores margens brutas foram conseguidas com as maiores doses de ambos os

nutrientes (Figura 12 ). Este fato último é de conhecimento do grande produtor e talvez por esta razão, na lavoura irrigada (quando os riscos de frustração de safra são reduzidos), ele utiliza doses elevadas de fertilizante. Infelizmente, quase sempre essas doses são excessivas e podem aumentar desnecessariamente o custo de produção e ainda causar problemas ao meio ambiente.

É importante lembrar que em todas as situações de safras e de preço do produto analisadas, a receita bruta aumentou com a elevação das doses de N e P na adubação. Isto significa que, não havendo risco de perda total, a adubação nunca deve ser negligenciada.

Os resultados também evidenciaram a importância de duas características de suma importância no produtor: a sua capacidade em obter boas produtividades com a cultura e a habilidade na hora de vender o produto. Altas produtividades diluem o custo unitário e permitem ao produtor ainda conseguir margens de lucro significativas ou pelo menos não ter prejuízo quando o preço cai. Por outro lado, eleger a melhor estratégia e época de venda, no sentido de obter maiores preços, pode compensar eventuais perdas de produtividade. Observe-se que no presente estudo a receita obtida com o menor preço no período 1992-2000 (R\$ 0,570.kg<sup>-1</sup> de feijão), praticado em março de 2000, levaria a prejuízo tanto na safra de primavera-verão, independentemente da adubação, como nas demais safras com baixas doses de N, ou seja, com menores rendimentos de grãos. Por outro lado, o preço máximo de R\$ 1,789.kg<sup>-1</sup> de feijão, praticado em junho de 1998, quando aplicado ao presente trabalho levaria, mesmo no caso das mais baixas produtividades, a margens de lucro significativas.

## 4 CONCLUSÕES

Em todas as situações analisadas, a receita bruta e a margem bruta obtidas com o feijão cresceram com o incremento das doses de N ou  $P_2O_5$ .

A venda do produto pelo menor preço verificado no período resultou em receita inferior ao custo de produção na maioria das situações.

As diferentes safras apresentaram pequenas diferenças de custo de produção, basicamente devidas ao emprego de irrigação e/ou tratamento fitossanitário.

O nível de produtividade mostrou-se decisivo para a obtenção não só de maiores receitas, mas também de maiores retornos econômicos com a adubação da cultura.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, MA.P.; SANTOS, J.B. dos; MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro: nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.1, p.105-112, jan. 1994.
- AGROANALYSIS: a revista de agronegócio da FGV. Rio de Janeiro, v.20, n.5, maio 2000. 66p.
- ALVARES V., V.H. Avaliação da fertilidade do solo: superfícies de resposta - modelos aproximativos para expressar a relação fator resposta. Viçosa: UFV, 1985. n.228, 75p.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. Experimentação agrícola. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247p.
- BOLSANELLO, J.; VIEIRA, C.; SEDIYAMA, C.S.; VIEIRA, H.A. Ensaio de adubação nitrogenada e fosfatada da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), na Zona Metalúrgica de Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, v.22, n.124, p.423-430, 1975.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão. *Informativo Anual das Comissões Técnicas Regionais de Feijão: cultivares de feijão recomendadas para plantio no ano agrícola 1998/99*. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1998. 29p.
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, SP. Programa e Resumo... São Carlos: UFSCar, 2000. p.235.
- JUNQUEIRA NETTO, A. Resposta diferencial de variedades de feijão à adubação nitrogenada e fosfatada. Viçosa: UFV, 1977. 99p. (Dissertação - Doutorado em Fitotecnia)
- REIS, A.J. dos; VIEIRA, G.; ANDRADE, J.G. de; GUIMARÃES, J.M.P.; Economia rural uma abordagem analítica. Lavras: ESAL, 1979. 367p. (Apostila)

- SANTOS, M.L. dos; BRAGA, M.J. Aspectos econômicos In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T.J. de; BORÉM, A. **Feijão: Aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1998. cap.2, p.19-53.
- SILVA, P.R. **Análise econômica do emprego de fertilizantes na cultura do feijoeiro, através da função de produção**. Viçosa: UFV, 1967. 61p. (Mestrado - Economia Rural)
- TEIXEIRA, I.R.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J.G.; MORAIS, A.R.; CORRÊA, J.B.D. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.2, p.399-408, abr./jun. 2000.
- VALÉRIO, C.R.; ANDRADE, M.J.B.; FERREIRA, D.F. Comportamento das cultivares de feijão Aporé, Carioca e Pérola em diferentes populações de plantas e espaçamento entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.3, p.515-528, jul/set. 1999.
- VIEIRA, C. Adubação Mineral e Calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JR, T.J. de; BORÉM, A. (ed.) **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: UFV, 1998. p.123-152.